ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 AVRIL 1902.

PRÉSIDENCE DE M. BOUQUET DE LA GRYE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur quelques phénomènes de polarisation voltaïque;* par M. Berthelot.

« En étudiant les piles fondées sur l'action réciproque de deux liquides, on observe fréquemment des phénomènes de polarisation, attribuables au conflit des réactions simultanées. Peut-être n'est-il pas inutile d'envisager ce qui se passe dans les cas de ce genre. Au cours de l'électrolyse normale d'un acide ou d'un sel, on sait que les corps qui jouent le rôle électropositif, tels que l'hydrogène (ou le métal) et la base, se rendent au pôle négatif de la pile; tandis que les corps qui jouent le rôle électronégatif, tels que l'oxygène et l'acide, se rendent au pôle positif de la pile. La polarisation résulte alors de l'accumulation sur une électrode, ou à son voisinage, des éléments et composés correspondant à cette électrode; accumulation qui tend à développer une force électromotrice de signe contraire à celle qui y amène lesdits éléments et composés. En d'autres termes, il existe une certaine réversibilité dans les réactions qui déterminent la force électromotrice, réversibilité facile à concevoir lorsqu'il s'agit de l'eau acidulée, décomposée avec mise à nu d'oxygène et d'hydrogène, lesquels tendent à se recombiner aux pôles réciproques;

» Ou bien encore d'un sel séparable soit en métal, oxygène et acide, également recombinables, soit en acide et base (cette dernière résultant elle-même de la combinaison du métal et de l'oxygène), également recombinables.

» Une semblable réversibilité est plus incertaine dans les piles dont la force électromotrice est attribuable en partie aux réductions et oxydations organiques, telles que celle du pyrogallol, ou bien encore celles qui sont

accomplies au sein de l'économie animale, en vertu de certaines chaînes de réactions aboutissant à la transformation finale du composé initial en eau et acide carbonique. Cependant on peut concevoir en principe cette réversibilité et souvent en démontrer l'existence, si l'on envisage l'enchaînement des réactions successives. On conçoit, par exemple, que l'acide formique, l'un des corps qui manifestent le plus fréquemment des polarisations dans la pile, soit oxydé par l'oxygène provenant de l'électrolyse de l'eau au pôle positif, avec production d'eau et d'acide carbonique

$$CH^2O + O^2 = CO^2 + H^2O,$$ réaction qui dégage $+67^{Cal},3$ (tous corps supposés dissous, sauf l'oxygène);

tandis que l'acide carbonique est ramené, quoique plus difficilement, au pôle négatif à l'état d'acide formique par l'hydrogène électrolytique, en vertu de la réaction

$$CO^2 + H^2 = CH^2O^2$$: ce qui dégage $+1^{Cal},7$ (tous corps dissous, sauf l'oxygène).

» On observe d'ailleurs que les réactions inverses, c'est-à-dire dépolarisantes, exigent souvent un certain travail préliminaire, auquel peut concourir la nature des électrodes, tels que les pôles de platine; la vitesse relative des réactions et leur existence même étant subordonnées à ce travail préliminaire.

» Il existe certaines actions où la réciprocité ne s'exerce que difficilement et sur une fraction seulement des corps mis en présence, et il en existe où il se produit des décompositions simultanées, indépendantes de l'électrolyse.

» (1) Tel est, par exemple, le cas de l'eau oxygénée, séparable d'un côté par électrolyse directe en hydrogène et oxygène,

$$H^2O^2 = H^2 + O^2$$ (ce qui absorbe $-23^{Cal},6$ pour 1^{at} d'hydrogène mis à nu),

l'oxygène électrolytique se dégageant ainsi au pôle positif.

» (2) Mais, d'autre part, l'eau oxygénée se décompose en eau et oxygène non électrolytique

$$H^2O^2 = H^2O + O$$ (ce qui dégage $+21^{Cal},7$),

en vertu d'une décomposition spontanée, exothermique, indépendante de l'électrolyse.

» Or l'oxygène produit par ce genre de décomposition est susceptible de se produire partout à la fois dans les vases.

» (3) Autour de l'électrode positive, sa préexistence tendra à annuler la force électromotrice qui y dégagerait l'oxygène et, par suite, à polariser cette électrode.

» (4) Autour du pôle négatif, ce même oxygène non électrolytique est rencontré par l'hydrogène, qu'il change en eau, avec dégagement de $+34^{Cal},5$ par atome d'hydrogène.

» Observons que la dernière réaction (4), parasite par rapport à la pile, ne peut se produire qu'en proportion de la première électrolyse (1), qu'elle tend à contre-balancer.

» Ces effets sont particulièrement observables avec les forces électromotrices comprises entre des voltages équivalant à $23^{Cal},6$ et $34^{Cal},5$. Si la force électromotrice de la pile qui détermine la décomposition s'élève jusqu'à un voltage équivalant à $\frac{69}{2} = 34^{Cal},5$, ou supérieur, l'eau même sera normalement décomposée

$$H^2O = H^2 + O \ (-34^{Cal},5 \text{ pour un atome d'hydrogène}).$$

» Sans pousser plus loin cette discussion [1], bornons-nous à examiner les réactions les plus simples, parmi celles que j'ai eu occasion d'étudier dans l'étude des piles fondées sur l'action réciproque de deux liquides.

» En fait, si nous introduisons à la surface de l'électrode négative, ou dans le vase qui entoure le pôle négatif, soit de l'hydrogène libre, soit un composé réducteur neutre dissous, capable d'hydrogéner les corps qui s'y trouvent, nous développerons une force électromotrice de signe contraire, tendant à annuler la force électromotrice qui dégage l'hydrogène : de là résulte une polarisation des électrodes. C'est, en effet, ce que j'ai vérifié, en opérant avec un élément de pile constitué par du chlorure de sodium à deux degrés de concentration différents.

» La force électromotrice d'un semblable élément a été trouvée égale à $0^{volt},12$; la même sensiblement, dans une atmosphère d'air ou d'oxygène, et ne changeant pas, du moins immédiatement, dans une atmosphère d'oxygène. Mais il en est autrement, si l'on remplace l'air de l'atmosphère du vase qui renferme cet élément par de l'hydrogène. La pile se polarise aussitôt, les pôles sont renversés et le voltage tombe vers $0^{volt},026$: ces phénomènes sont attribuables à la combinaison de l'hydrogène avec les électrodes de platine, c'est-à-dire à la formation immédiate des hydrures de

---

(1) Voir mon Mémoire : *Sur l'électrolyse de l'eau oxygénée* (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXVII, 1882, p. 110).

platine que j'ai étudiés [1]. A ce moment la substitution de l'hydrogène par l'azote n'a pas relevé le voltage, du moins immédiatement. Mais, en remplaçant ensuite l'azote par de l'air, les pôles ont été renversés de nouveau ; c'est-à-dire qu'ils ont repris leur signe initial, le voltage remontant à $0^{volt},08$ (au lieu de $0^{volt},12$); ce qui accuse l'action de polarisation de l'oxygène.

» J'ai observé des effets tout à fait semblables avec un élément de pile constitué par l'acide lactique opposé au bicarbonate de soude, le voltage ($0^{volt},20$) observé dans l'air demeurant le même dans l'oxygène et dans l'azote; tandis que, si l'on remplace l'air par de l'hydrogène, il y a polarisation ($0^{volt},08$).

» Le même élément de pile, observé dans une atmosphère d'azote, donne aussi un voltage de $0^{volt},20$; mais si l'on ajoute du pyrogallol au pôle négatif (bicarbonate) sans introduire d'air, le voltage monte à $0^{volt},42$.

» On remplace alors l'azote par de l'oxygène, le voltage reste le même.

» Cette série d'expériences prouve que l'oxygène de l'atmosphère ambiante n'exerce guère d'influence sur la polarisation, au moins immédiatement. Elle montre, en outre, que l'absorption de l'oxygène de l'atmosphère ambiante par le pyrogallol ne joue pas un rôle sensible immédiat sur la force électromotrice, celle-ci résultant à peu près entièrement des réactions chimiques intérieures de la pile; du moins tant que l'on ne soumet pas le mélange d'oxygène et de liquide à une agitation violente.

» Dans une autre expérience, faite avec les mêmes composés initiaux, acide lactique et bicarbonate de soude, si l'on remplace l'air par de l'hydrogène, le voltage baisse à $0^{volt},08$, ce qui accuse l'action polarisante, comme il vient d'être dit. Si l'on ajoute alors du pyrogallol dans le vase intérieur seul (pôle —), sans laisser pénétrer d'air, le voltage monte à $0^{volt},31$ par élément.

» Remplaçant ensuite l'hydrogène par l'oxygène dans l'atmosphère du vase, le voltage monte encore jusqu'à $0^{volt},37$; sans atteindre tout à fait le chiffre $0^{volt},42$ sus-indiqué, du moins dans la courte durée de l'essai.

» Les expériences précédentes montrent l'influence polarisante d'une atmosphère d'hydrogène, exercée sans doute avec l'intermédiaire de sa condensation par le platine, c'est-à-dire au pôle négatif. A ce pôle se mani-

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXX, 1883, p. 526.

feste de préférence l'influence du pyrogallol, *influence similaire à celle de l'hydrogène*.

» C'est ici le lieu de montrer que les faits exposés ci-dessus sont susceptibles de rendre compte d'une anomalie observée dans l'étude de la force électromotrice d'un élément de la pile de Grove, constituée par l'opposition des deux gaz hydrogène et oxygène. Cette force électromotrice, en effet, avait été trouvée d'abord égale à $1^{volt},08$. D'après les déterminations les plus récentes (MM. Willsmore, Bose, Czepinski), on a obtenu de $1^{volt},12$ à $1^{volt},15$, vers 25°; tandis que la décomposition électrolytique de l'eau exige $1^{volt},5$ à $1^{volt},6$ environ. Mais la différence peut être expliquée, si l'on observe que les électrodes de platine, employées dans la pile, absorbent l'hydrogène, en formant des hydrures, dont la chaleur de formation s'élevait, par exemple, dans mes expériences, faites avec le platine réduit par l'acide formique, à 14^{Cal}, valeur équivalente à près de $0^{volt},6$; elle varie d'ailleurs suivant les états moléculaires du platine. Par suite, la force électromotrice de la pile de Grove paraît devoir être calculée en déduisant la chaleur de combinaison du platine et de l'hydrogène; ce qui l'amène en effet au voltage de 1^{volt}; ou un peu plus, si les effets de la polarisation ne sont pas complets.

» Observons que la réversibilité d'une semblable pile dépend de la stabilité relative des hydrures de platine, ceux-ci étant à l'état de dissociation partielle. Par suite, une portion de l'hydrogène demeure libre à un moment donné, sur la surface des lames; mais il s'en écarte peu à peu, par diffusion dans le milieu ambiant liquide ou gazeux. C'est seulement après qu'il a été écarté que la dissociation peut en remettre en liberté une nouvelle dose. Dans le cas où ce milieu contiendrait de l'oxygène libre (air atmosphérique), ou dissous (dans l'eau notamment), cet oxygène est susceptible de se combiner à la surface des électrodes avec l'hydrogène de l'hydrure de platine et de créer ainsi une force contre-électromotrice. Quoi qu'il en soit, l'ensemble de ces phénomènes donne lieu à une réversibilité, plus compliquée d'ailleurs que celle qui résulterait d'une tendance directe et immédiate à la recombinaison de l'hydrogène et de l'oxygène; attendu qu'il existe un intermédiaire, l'hydrure de platine, et que la réversibilité n'est pas immédiate, s'exerçant en raison et dans la mesure de la dissociation de cet hydrure. On conçoit dès lors que la force électromotrice développée par une pile à gaz soit inférieure à celle qui semblerait devoir résulter de la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène :

cela dans une proportion qui répondrait au maximum à la formation de l'hydrure de platine, c'est-à-dire à 14^{Cal}, et qui équivaudrait à $0^{volt},6$ environ. Cette dernière valeur peut varier, d'ailleurs, en raison des états moléculaires du platine et être en outre atténuée par la dissociation.

» Rappelons enfin que, d'après M. Bouty, la polarisation se manifeste rapidement et avec une valeur maxima au pôle négatif (hydrogène); tandis qu'elle apparaît plus tard et croît beaucoup plus lentement au pôle positif (oxygène). J'ai fait des observations analogues sur le rôle comparatif des actions polarisantes, attribuables à la présence des corps réducteurs ou oxydants autour des électrodes.

» Ainsi, avec un élément de pile formé par le chlorure de sodium à deux états de concentration différents, l'addition au pôle négatif du pyrogallol, corps réducteur assimilable à l'hydrogène, accroît la force électromotrice qui monte de $0^{volt},12$ à $0^{volt},20$; tandis que ce même agent, placé au pôle positif, renverse les pôles, le voltage tombant à $0^{volt},004$.

» Le formol, corps réducteur, produit des effets analogues.

» Au contraire, l'eau oxygénée, placée au pôle négatif, fait à peine varier la force électromotrice ($0^{volt},14$); tandis qu'au pôle négatif le même agent l'a abaissée à $0^{volt},04$.

» Citons encore ce qui arrive si l'on place dans les deux vases d'un élément de pile de l'acide chlorhydrique étendu, de concentration identique; puis dans l'un des vases seulement de l'eau oxygénée, sans rien ajouter à l'acide chlorhydrique dans l'autre vase : il y a polarisation ($0^{volt},01$). Mais celle-ci n'a pas lieu, si l'on place dans l'un des vases seulement du pyrogallol ($0^{volt},14$), ou bien encore de l'eau oxygénée dans un vase et du pyrogallol dans l'autre ($0^{volt},24$); ce qui rétablit l'opposition normale des électrodes, l'acide chlorhydrique coexistant toujours dans les deux vases.

» Mêmes effets en employant, au lieu d'acide chlorhydrique, de l'acide lactique dans les deux vases; puis, dans l'un des vases seul (pôle +), de l'eau oxygénée : il y a alors polarisation ($0^{volt},01$). Ce qui n'a pas lieu si l'on place dans l'un des vases (pôle —) du pyrogallol seul ($0^{volt},20$), l'acide lactique coexistant toujours dans les deux vases. Le pyrogallol opposé à l'eau oxygénée rétablit d'ailleurs le phénomène normal ($0^{volt},20$).

» Mais, avec l'acide formique dans les deux vases, c'est-à-dire aux deux pôles, les effets étudiés ici sont contrariés; le pyrogallol seul (pôle —) développant la polarisation ($0^{volt},015$). Ce que ne fait pas l'eau oxygénée (pôle + : $0^{volt},54$). Au contraire, ce dernier réactif rétablit l'effet normal,

quand on l'oppose au pyrogallol ($0^{volt},51$); l'acide formique coexistant toujours dans les deux vases.

» De même les éléments de pile suivants :

Sulfate de soude (pôle —), opposé à l'acide sulfurique (pôle +).

» On ajoute l'eau oxygénée au pôle — ($0^{volt},06$); puis le pyrogallol au pôle + ($0^{volt},11$) : polarisation et inversion des pôles. Tandis que le pyrogallol, ajouté au pôle —, produit $0^{volt},29$, et l'addition consécutive de H^2O^2 au pôle +, $0^{volt},36$.

» Les mêmes effets ont été observés avec l'acide oxalique (pôle +) opposé d'abord à l'oxalate de soude (pôle —) :

Pyrogallol au pôle —.	$0^{volt},46$	Puis H^2O^2 au pôle +.....	$0^{volt},45$
H^2O^2 au pôle —.....	$0^{volt},23$	Puis pyrogallol au pôle +.	$0^{volt},06$. Polarisation.

» Acide lactique (pôle +) opposé au lactate de soude (pôle —) :

Pyrogallol au pôle —.	$0^{volt},46$	Puis H^2O^2 au pôle +.....	$0^{volt},45$
H^2O^2 au pôle —.....	$0^{volt},14$	Puis pyrogallol au pôle +.	$0^{volt},01$. Inversion des pôles.

» De même, l'acide chlorhydrique (pôle +) opposé d'abord au chlorure de sodium (pôle —) :

Pyrogallol au pôle —.	$0^{volt},34$	Puis H^2O^2 au pôle +.....	$0^{volt},42$
H^2O^2 au pôle —.....	$0^{volt},07$	Puis pyrogallol au pôle +.	$0^{volt},14$ (pôle acide devenu négatif).

» L'acide azotique opposé d'abord à l'azotate de soude :

Pyrogallol au pôle —.	$0^{volt},32$	Puis H^2O^2 au pôle +.....	$0^{volt},38$
H^2O^2 au pôle —.....	$0^{volt},07$	Puis pyrogallol au pôle +.	$0^{volt},22$ (pôle acide devenu négatif).

» Avec le sulfate de soude (pôle +) et la soude (pôle —) :

Pyrogallol au pôle —.	$0^{volt},44$	Puis H^2O^2 au pôle +.....	$0^{volt},78$
H^2O^2 au pôle —.....	$0^{volt},20$	Puis pyrogallol au pôle +.	$0^{volt},08$. Polarisation et inversion des pôles, etc., etc.

» Poussons plus loin les conséquences de ces principes. Au lieu d'un corps hydrogénant, plaçons au pôle négatif un alcali libre dissous, ou même, à la rigueur, un sel à réaction alcaline : nous développerons également une force électromotrice de signe contraire et une polarisation. Cela arrive, par exemple, en plaçant de la soude dans les deux vases d'un élément de pile, puis de l'eau oxygénée dans l'un des vases seulement, qui

tend à devenir ainsi pôle positif; il y a polarisation ($0^{volt},07$). Mais l'addition du pyrogallol dans l'autre vase rétablit l'état normal ($0^{volt},29$).

» On vient de voir que les effets sont plus complexes, si l'on fait intervenir comme corps additionnel un acide doué de propriétés fortement réductrices, l'acide formique par exemple. Ces réactions, antinomiques en quelque sorte, de l'acide formique deviennent plus claires, si l'on envisage les effets généraux de l'électrolyse sur un acide dissous, l'hydrogène se dégageant au pôle négatif, tandis que les autres éléments se portent au pôle positif sous diverses formes. On sait qu'un acide RH se décompose ainsi en H (élément +) et R (système —); R peut être soit un élément, tel que Cl dans le cas de HCl; soit un ion formé d'oxygène et d'acide, tel que $\frac{1}{2}(SO^3 + O)$ dans le cas de SO^4H^2; soit un autre système formé d'acide carbonique et d'un carbure d'hydrogène $CO^2 + \frac{1}{2}C^2H^6$, dans le cas de l'acide acétique $C^2H^4O^2$ et des acides analogues. Or l'acide formique offre à cet égard une particularité singulière. D'après les analogies, il devrait fournir au pôle négatif de l'hydrogène, H, et au pôle positif le système CHO^2, c'est-à-dire $CO^2 + H$, s'il se comportait comme l'acide acétique. Cette réaction n'exige d'ailleurs qu'une force électromotrice insignifiante, la chaleur correspondante, tous les corps dissous, étant $+1^{Cal},7$. L'acide formique devrait donc fournir de l'hydrogène aux deux pôles.

» En fait, cet hydrogène du pôle positif est brûlé, parce qu'on observe simultanément avec l'électrolyse de l'acide formique, celle de l'eau, qui fournit de l'oxygène au pôle positif, lequel détruit l'hydrogène qui tendrait à se produire. Il y a donc là une force électromotrice de signe contraire et, par conséquent, polarisation.

» Ainsi, par exemple, un élément de pile étant constitué par l'opposition de la soude (vase poreux intérieur) à l'acide formique (vase extérieur) cet élément, au lieu de fournir une force électromotrice voisine de $0^{volt},48$, comme avec les acides acétique, lactique, oxalique, a donné lieu à des effets de polarisation et à une force électromotrice presque nulle ($0^{volt},011$). De même l'acide formique, opposé au formiate de soude ($0^{volt},05$).

» En raison de ces propriétés, l'acide formique peut développer des effets polarisants, tant au pôle négatif, par assimilation à l'hydrogène libre, qu'au pôle positif, comme acide. Aussi est-il susceptible d'être tantôt oxydé à un pôle, tantôt réduit à l'autre.

» L'acide oxalique, qui s'oxyde surtout dans un milieu acide, produit aussi parfois des effets spéciaux.

» *A priori*, le pyrogallol exerçant en tant que phénol les fonctions d'un acide faible, on pourrait concevoir qu'il donnât lieu à des complications analogues; mais on ne les observe guère.

» De ces diverses réactions résultent des phénomènes de polarisation compliqués, dépendant de la grandeur relative des forces électromotrices de signe contraire, mises en jeu à chacun des deux pôles; ces phénomènes tendent à diminuer et jusqu'à reduire vers zéro les forces électromotrices normales et même à changer de signe les deux électrodes : l'électrode rendue positive par une réaction simple pouvant devenir négative, par l'effet polarisant des réactions secondaires.

» J'ai rencontré de nombreux exemples de ce genre dans mes études ultérieures; les notions générales qui viennent d'être présentées en rendent compte dans les cas particuliers. »

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les procédés destinés à constater l'action électrolytique d'une pile;* par M. **Berthelot.**

« Les réactions que je me suis attaché à constater sont les suivantes :

» *Décomposition de l'eau acidulée*, avec dégagement de gaz, et *décomposition d'un sel neutre*, tel que le sulfate de soude, *en acide et base libres*.

» Quoique les conditions de ces constatations soient bien connues, il n'est peut-être pas inutile de les préciser ici, en y ajoutant certaines données nouvelles. On emploie comme voltamètre un verre contenant de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, avec des électrodes courtes et formées par les extrémités de gros fils de platine, soudés à l'extrémité de tubes de verre recourbés verticalement : ce sont les électrodes dites *à la Wollaston*. On les maintient aussi rapprochées que possible, afin de rendre les résistances presque nulles, tout en évitant le contact des fils.

» Le dégagement de l'hydrogène s'y fait en bulles, non seulement plus nombreuses que celui de l'oxygène, le volume dégagé étant double, mais en même temps plus fines; aussi apparaît-il souvent un peu plus tôt. Pour autoriser une conclusion certaine, la production des gaz doit se poursuivre d'une façon continue, et à partir des pôles, dès qu'elle a commencé à se manifester.

» Comme contrôle, on sépare les électrodes à la Wollaston, on les agite et on les frotte, de façon à les débarrasser des gaz adhérents, puis on inter-

vertit les pôles du voltamètre, afin de reproduire les effets en sens inverse. Chaque essai, d'ailleurs, ne doit pas être prolongé au delà d'une fraction de minute, afin de ne pas modifier sensiblement la composition générale des milieux dans la pile.

» Enfin, pour obtenir des résultats plus sensibles, il convient de répéter les essais avec des électrodes à la Wollaston, plongés au sein de l'acide sulfurique étendu, dans un vase où l'on maintient le vide, à quelques millimètres près, pendant le cours de l'expérience : ce qui se réalise, par exemple, en les laissant en communication avec une cloche d'une dizaine de litres, vide et munie d'un manomètre. On triple ou quadruple ainsi le diamètre des bulles gazeuses. Pour donner une idée de la sensibilité du procédé, disons que le poids du gaz dégagé, durant la fraction de minute nécessaire pour constater le phénomène, peut être très inférieur à un millième de milligramme; sans cesser cependant de répondre à un dégagement visible dans le vide et continu, observable aux deux pôles.

» Le poids même de chacune des fines bulles d'hydrogène visibles peut être évalué au-dessous d'un millionième de milligramme, et même beaucoup plus bas.

» Ces essais, dans les cas douteux et surtout quand les forces électromotrices semblaient insuffisantes, ont été poursuivis en ajoutant à l'eau acidulée du voltamètre quelques centimètres cubes d'une solution de pyrogallol, lequel absorbe l'oxygène qui tend à se produire au pôle positif, c'est-à-dire à manifester des phénomènes d'électrolyse, avec une force électromotrice moitié moindre que celle qui détermine la décomposition de l'eau simplement acidulée.

» En employant cet agent auxiliaire, avec l'aide de faibles tensions électriques, l'hydrogène se dégage seul à l'état gazeux sur l'un des fils de platine. Si l'électrolyse est assez active, l'autre fil se recouvre aussitôt d'un enduit noirâtre, résultant de l'absorption de l'oxygène par le pyrogallol ; enduit qui se dissout d'ailleurs dans la liqueur par l'effet de l'agitation. Dans les cas où l'action est trop lente, cet enduit n'apparaît pas. Quand la force électromotrice est accrue, une portion de l'oxygène peut se dégager simultanément à l'état libre.

» Pour bien définir ces effets, il est utile de se tenir en garde, lorsqu'on opère dans le vide, surtout avec le pyrogallol, contre certains indices de sursaturation gazeuse, susceptibles de se manifester sous l'influence des chocs et secousses brusques. A cette fin, il est essentiel de constater la

localisation du dégagement gazeux d'hydrogène au pôle négatif, et de vérifier que, lorsque l'on renverse les pôles, cette localisation est également intervertie.

» Définissons plus exactement les forces électromotrices mises en jeu dans de semblables essais.

» On sait qu'un élément Daniel (zinc-cuivre) vaut $1^{\text{volt}},06$ ($25^{\text{Cal}},1$); un élément zinc-cadmium : $0^{\text{volt}},35$ ($8^{\text{Cal}},2$); un élément zinc-platine platiné (dans l'acide sulfurique étendu) : $0^{\text{volt}},80$ (19^{Cal}). Or :

» 1° La décomposition de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, avec dégagement de gaz aux deux pôles, n'a pas eu lieu, même dans le vide, avec 1 ZnPt + 2 ZnCd, soit $1^{\text{volt}},50$;

» Mais elle a été manifeste, dès la pression $0^{\text{m}},76$, avec 2 ZnPt, soit $1^{\text{volt}},60$. Ces données sont conformes aux faits connus, ainsi qu'à la chaleur de formation de l'eau, $34^{\text{Cal}},5$, laquelle règle approximativement la force électromotrice de décomposition.

» 2° La décomposition de l'eau acidulée et additionnée de pyrogallol, avec dégagement d'hydrogène au pôle négatif seul, a eu lieu avec 1 daniel ($1^{\text{volt}},06$), avec 3 ZnCd ($1^{\text{volt}},05$) et avec 1 ZnPt ($0^{\text{volt}},80$).

» Mais elle n'a pas eu lieu avec 2 ZnCd ($0^{\text{volt}},70$). Elle exige donc une force électromotrice correspondant à 18^{Cal} environ.

» Les mêmes limites ont été trouvées en employant le formol, au lieu de pyrogallol.

» La décomposition du sulfate de soude en acide et base peut être constatée à l'aide d'un petit tube en U, d'une capacité voisine de 4^{cm^3} à 5^{cm^3}, dont les deux branches, juxtaposées et soudées entre elles, communiquent un peu au-dessus de leur partie inférieure par un orifice très court, circulaire, d'un diamètre de 2^{mm} à 3^{mm}. La liqueur est teintée à l'avance, légèrement, d'une façon uniforme, à l'aide de quelques gouttes de tournesol limite. On y plonge deux lames de platine comme électrodes. Au bout de peu d'instants, ou de quelques minutes, on reconnaît, s'il y a lieu, que la liqueur est devenue rouge dans l'une des branches, bleue dans l'autre. Ce caractère se manifeste pour des poids de matière répondant à un millième de milligramme d'acide libre. Il est peut-être encore plus sensible que l'apparition des gaz dans les électrodes à la Wollaston; surtout si l'on prolonge les actions, en raison de cette possibilité de poursuivre l'expérience pendant 10 minutes à 15 minutes; tandis que durant une action si lente les traces de gaz produites simultanément se dissipent à mesure par diffusion, sans devenir manifestes.

» On peut également provoquer l'électrolyse du sulfate de soude à l'aide de forces électromotrices plus faibles, en ajoutant à l'avance, dans la totalité de la dissolution de sulfate de soude, quelques gouttes d'une solution de pyrogallol; les teintes des deux branches d'ailleurs ne sont pas alors les mêmes que sans pyrogallol et le virage est un peu moins sensible. Un seul élément Daniel suffit pour le manifester.

» En opérant avec les précautions qui viennent d'être décrites, on réussit à manifester des traces à peine perceptibles d'électrolyse. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions abéliennes à multiplication complexe.* Note de M. G. **Humbert.**

« La théorie de la multiplication complexe des fonctions abéliennes, telle que je l'ai esquissée dans le *Journal de Mathématiques* (5[e] série, t. V et VI), conduit à d'intéressantes conséquences arithmétiques. Je me bornerai aujourd'hui à l'examen du cas où les périodes des fonctions abéliennes (à deux variables) considérées satisfont à deux relations *singulières*.

» I. Les périodes étant ramenées à la forme normale (1, 0); (0, 1); (g, h); (h, g'), ces deux relations sont du type

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} &Ag + Bh + Cg' + D(h^2 - gg') + E = 0,\\ &A_1 g + B_1 h + C_1 g' + D_1(h^2 - gg') + E_1 = 0,\end{aligned}\right.$$

A, B, ..., E, et de même $A_1, B_1, \ldots, E_1$ étant des entiers premiers entre eux.

» J'ai établi que les deux quantités

$$(2)\qquad B^2 - 4AC - 4DE \qquad \text{et} \qquad B_1^2 - 4A_1C_1 - 4D_1E_1$$

sont des invariants pour toutes les transformations du premier ordre d'Hermite; les deux relations (1) possèdent de plus un invariant simultané, $BB_1 - 2(AC_1 + CA_1) - 2(DE_1 + ED_1)$, et la quantité

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned} &-[BB_1 - 2(AC_1 + CA_1) - 2(DE_1 + ED_1)]^2\\ &+ (B^2 - 4AC - 4DE)(B_1^2 - 4A_1C_1 - 4D_1E_1)\end{aligned}\right.$$

est un invariant pour le *système* des deux relations (1).

» On établit que les invariants (2) et (3) doivent être positifs, pour que

l'expression $h_1^2 - g_1 g'_1$, où g_1, h_1, g'_1 désignent les parties imaginaires de g, h, g', puisse être négatives.

» Observons enfin que nous avons le droit de supposer premiers entre eux les déterminants tels que $AB_1 - BA_1$, ..., $DE_1 - ED_1$, formés avec les coefficients des équations (1) : dans le cas contraire, il suffirait de remplacer une de ces équations par une de ses combinaisons linéaires avec l'autre.

» Pour simplifier l'écriture, nous admettrons que les coefficients B et B_1 sont pairs; ce caractère se conserve dans toute transformation du premier ordre. Les invariants (2) sont donc divisibles par 4; nous poserons

$$\Delta = \frac{B^2}{4} - AC - DE; \qquad \Delta_1 = \frac{B_1^2}{4} - A_1 C_1 - DE_1,$$
$$\delta = \frac{1}{2} BB_1 - AC_1 - CA_1 - DE_1 - ED_1,$$

et l'on aura

$$\Delta > 0; \qquad \Delta_1 > 0; \qquad 4\Delta\Delta_1 - \delta^2 > 0.$$

» Cela posé, si f et f_1 désignent les premiers membres des deux relations (1), l'invariant (2) de l'équation singulière $xf + yf_1$, où x et y sont des entiers sans diviseur commun, est, après suppression du facteur 4,

$$\Delta x^2 + \delta xy + \Delta_1 y^2, \tag{4}$$

c'est-à-dire une forme quadratique binaire, *positive*, en x et y. Cette forme ne change pas si l'on opère sur f et f_1 une transformation du premier ordre, puisque ses coefficients sont des invariants; elle se change en une forme équivalente (proprement ou improprement) si l'on remplace les relations $f = 0$, $f_1 = 0$ par un système *arithmétiquement équivalent :*

$$\lambda f + \mu f_1 = 0, \qquad \lambda' f + \mu' f_1 = 0,$$

λ, μ, λ', μ' étant des entiers quelconques, tels que $\lambda\mu' - \lambda'\mu = \pm 1$.

» Ainsi, à tout système de relations (1) correspond une classe de formes quadratiques binaires positives, proprement ou improprement équivalentes entre elles.

» II. Réciproquement, si deux systèmes (1) donnent naissance à deux formes équivalentes, F et F', ces deux systèmes sont réductibles l'un à l'autre par une transformation du premier ordre, lorsque les deux formes considérées sont *primitives*.

» Soit, en effet, $ax^2 + bxy + cy^2$ une forme équivalente aux deux formes primitives données, F et F', et dans laquelle le coefficient a est pre-

mier impair : une telle forme existe, en vertu d'un théorème célèbre de Dirichlet sur les formes primitives. La forme F a été déduite, selon la formule (4), de deux relations singulières $f=0$, $f_1=0$, du type (1) et, par hypothèse, les deux formes

$$ax^2+bxy+cy^2 \quad \text{et} \quad \Delta x^2+\delta xy+\Delta_1 y^2$$

sont équivalentes. La seconde peut donc représenter (proprement) le nombre a, c'est-à-dire que, parmi les relations $\lambda f+\mu f_1=0$, l'une a pour invariant $4a$, les nombres λ et μ étant premiers entre eux. Cette relation pourra, par une transformation du premier ordre, se ramener à $h^2-gg'-a=0$, de sorte que le système $f=0, f_1=0$ sera arithmétiquement équivalent au suivant :

$$(5) \qquad h^2-gg'-a=0, \qquad \alpha g+2\beta h+\gamma g'+\omega=0,$$

en faisant disparaître le terme en h^2-gg' dans la dernière équation à l'aide de la première. Toutes ces opérations ne changent pas la classe de formes binaires liée aux équations singulières considérées.

» On peut maintenant effectuer une transformation du premier ordre n'altérant pas la relation $h^2-gg'-a=0$, et changeant la seconde relation (5) en une équation analogue où $\alpha=1$ et $\beta=0$. Le système (5) devient alors

$$(6) \qquad h^2-gg'-a=0, \qquad g-mg'-n=0,$$

et la forme binaire correspondante, à savoir

$$ax^2+nxy+my^2,$$

est toujours équivalente à $ax^2+bxy+cy^2$. En particulier, leurs discriminants sont égaux, c'est-à-dire que

$$b^2-n^2=4a(c-m),$$

ce qui montre que $b\pm n$ est divisible par a. Comme d'ailleurs b et n sont nécessairement de même parité, on aura $n=\pm b+2a\rho$, d'où l'on déduit $m=c\pm b\rho+a\rho^2$. Or il est aisé de voir que la relation

$$g-mg'-n=0, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad g-(c\pm b\rho+a\rho^2)g'\mp b-2a\rho=0,$$

peut se ramener au type $g-cg'-b=0$, par une transformation du premier ordre n'altérant pas l'équation $h^2-gg'-a=0$.

En d'autres termes, tous les systèmes de relations (1) qui donnent nais-

sance à une forme positive et primitive, d'une classe donnée, peuvent se ramener, à l'aide de transformations du premier ordre, à un seul et même système.

» III. Cela posé, passons des relations singulières entre les périodes aux relations correspondantes entre les modules. Nous choisirons pour modules des fonctions abéliennes dérivées d'un radical,

$$\sqrt{pz^6 + qz^5t + \ldots + rt^6},$$

les trois invariants indépendants de la forme du sixième ordre sous le signe $\sqrt{}$: si les périodes g, h, g' sont liées par une relation singulière d'invariant 4Δ, les trois modules vérifient une équation algébrique qui définit la *surface hyperabélienne* d'invariant 4Δ.

» Supposons que les périodes soient liées par deux relations singulières *données* du type (1) ; les modules sont fonctions d'un seul paramètre et le point de l'espace qui a ces quantités pour coordonnées décrira une *courbe gauche algébrique*. Cette courbe gauche, en vertu de ce qui précède, restera la même si l'on remplace les équations (1) données par un système analogue engendrant la *même* classe de formes quadratiques binaires (proprement ou improprement équivalentes), pourvu que cette classe soit primitive.

» En d'autres termes, à un invariant positif 4Δ correspond une surface, et à une classe de formes positives et primitives correspond une courbe; de plus, si un nombre N est représentable proprement par une forme de la classe, la surface d'invariant 4N contient la courbe de la classe, et réciproquement : car les nombres 4N sont les invariants des relations singulières $xf + yf_1 = 0$, déduites des relations $f = 0$, $f_1 = 0$, génératrices de la classe.

» De là une méthode, toute théorique, il est vrai, mais d'un caractère intéressant, pour reconnaître si une forme quadratique binaire, positive et primitive, peut, ou non, représenter proprement un nombre donné : *le problème se ramènera à constater si une surface algébrique, qui ne dépend que du nombre, contient ou non une courbe algébrique qui ne dépend que de la forme*.

» S'il y a k représentations distinctes du nombre par la forme, la courbe est multiple d'ordre k sur la surface, et réciproquement.

» IV. Considérons maintenant les deux surfaces hyperabéliennes qui répondent à deux invariants 4Δ et $4D$, tels que Δ et D soient premiers

entre eux. Chacune d'elles contient, d'après ce qui précède, les courbes qui répondent aux formes binaires positives, et nécessairement primitives, qui peuvent représenter à la fois proprement Δ et D; réciproquement, le long d'une courbe commune aux deux surfaces, les périodes correspondantes des fonctions abéliennes vérifient deux relations singulières, telles que les formes binaires qui en dérivent représentent proprement Δ et D : il ne peut y avoir d'exception que pour des courbes particulières, le long desquelles les modules (ainsi que les périodes) sont indéterminés, et qui répondent à des cas de dégénérescence.

» Donc, en dehors de ces courbes exceptionnelles, communes d'ailleurs à toutes les surfaces hyperabéliennes considérées, *deux surfaces d'invariants* 4Δ *et* $4D$ *se coupent, si* Δ *et* D *sont premiers entre eux, suivant autant de courbes algébriques distinctes qu'il y a de classes de formes quadratiques binaires, positives et primitives, pouvant représenter proprement* D *et* Δ.

» V. Le groupe fuchsien de la courbe de l'espace C, qui répond à une classe donnée de formes primitives, se détermine aisément. Soient

$$h^2 - gg' = D, \qquad g - mg' - n = 0 \tag{7}$$

les deux équations singulières génératrices de la classe : à deux systèmes de périodes vérifiant ces équations et liés l'un à l'autre par une transformation du premier ordre correspond un même point de la courbe C, et réciproquement. On est ainsi amené à chercher toutes les transformations d'ordre 1 qui reproduisent l'ensemble des deux équations (7).

» Il est aisé d'établir que, si la classe correspondante n'est pas ambiguë, les deux équations doivent séparément se reproduire sans changement ou avec un changement de signes simultané, et l'on en déduit la forme générale des transformations cherchées. Le résultat peut s'énoncer ainsi :

» Posons, comme l'a fait M. Picard dans ses belles recherches sur les transformations, qui laissent invariable la relation $h^2 - gg' - D = 0$,

$$g = -2\frac{\sqrt{D}}{\xi+\eta}, \qquad h = \sqrt{D}\frac{\xi-\eta}{\xi+\eta}, \qquad g' = 2\frac{\sqrt{D}\,\xi\eta}{\xi+\eta};$$

on a, entre ξ et η, l'équation

$$2\sqrt{D} + 2m\sqrt{D}\,\xi\eta + n(\xi+\eta) = 0,$$

et l'on trouve que les transformations cherchées font subir à ξ les substitu-

tions linéaires de la forme

$$(8)\qquad \xi_1 = \frac{(b_1 - na_3 + \sqrt{D}\,b_3)\xi + (a_1 - a_3\sqrt{D})}{(ma_1 - nb_3 + m\sqrt{D}\,a_3)\xi + (b_1 - b_3\sqrt{D})},$$

où a_1, b_1, a_3, b_3 sont des entiers quelconques, assujettis seulement à vérifier la relation [en vertu de laquelle le déterminant (8) est l'unité]

$$b_1^2 - D b_3^2 - m(a_1^2 - D a_3^2) - n(a_3 b_1 - a_1 b_3) = 1.$$

Aux substitutions (8) il faut ajouter celle-ci, dont le carré est la substitution unité :

$$(9)\qquad \xi_1 = -\frac{n\xi + 2\sqrt{D}}{2m\sqrt{D}\,\xi + n},$$

de sorte que le groupe fuchsien de la courbe C est formé par l'ensemble des substitutions (8) et (9), car les modules des fonctions abéliennes envisagées, c'est-à-dire les coordonnées d'un point de C, sont évidemment des fonctions uniformes de ξ.

» Ce groupe ne diffère que par la substitution (9) de ceux que M. Poincaré a déduits des transformations en elle-même d'une forme quadratique ternaire; je reviendrai prochainement sur cette corrélation en étudiant les fonctions abéliennes triplement singulières.

» VI. Dans un ordre d'idées différent, voici quelques conséquences arithmétiques relatives à la forme $X^2 - 4YZ - 4TU$.

» J'ai établi (*loc. cit.*) que deux équations singulières de même invariant sont toujours réductibles l'une à l'autre par une transformation du premier ordre, ce qu'on peut énoncer ainsi :

» 1° *Toutes les représentations propres d'un nombre positif a, par la forme* $X^2 - 4YZ - 4TU$, *se déduisent de l'une quelconque d'entre elles,* x, y, z, t, u, *par les formules*

$$\begin{aligned}
X &= x[2(ad)_{03} - 1] + 2y(db)_{03} + 2z(ac)_{03} + 2t(cd)_{03} + 2u(ab)_{03},\\
Y &= x(ad)_{31} + y(db)_{31} + z(ac)_{31} + t(cd)_{31} + u(ab)_{31},\\
Z &= x(ad)_{02} + y(db)_{02} + z(ac)_{02} + t(cd)_{02} + u(ab)_{02},\\
T &= x(ad)_{23} + y(db)_{23} + z(ac)_{23} + t(cd)_{23} + u(ab)_{23},\\
U &= x(ad)_{01} + y(db)_{01} + z(ac)_{01} + t(cd)_{01} + u(ab)_{01},
\end{aligned}$$

où $(ab)_{ij}$ *désigne* $a_i b_j - a_j b_i$, *et où les seize entiers* a_i, b_i, c_i, d_i *sont les coefficients d'une transformation abélienne du premier ordre.*

» 2° *Les formules précédentes donnent toutes les transformations en elle-même de la forme* $x^2 - 4yz - 4tu$.

» On en conclut sans difficulté que toutes les décompositions d'un nombre positif, de l'une des formes 4N et 4N + 1, en une somme de cinq carrés, dont trois positifs et deux négatifs, se déduisent de l'une quelconque d'entre elles par des formules faciles à déduire des précédentes. »

MÉCANIQUE. — *Résistance due aux vagues satellites*; par M. de **Bussy**.

« 1. J'ai constaté la proportionnalité de la hauteur des vagues satellites au carré de la vitesse dans les expériences indiquées ci-dessous :

» 1° Expériences de traction opérées sur un modèle au $\frac{1}{16}$ d'un navire;

» 2° Essais de vitesse du *Guichen;*

» 3° Essais de vitesse du croiseur américain *Columbia*.

» Dans les expériences de traction opérées sur un modèle au $\frac{1}{16}$ d'un navire, la vitesse exprimée en mètres par seconde a varié de 1,1 à 2,2 ([1]). Le Tableau ci-dessous donne, pour les vitesses extrêmes et sept vitesses intermédiaires, des nombres proportionnels à la hauteur de la vague de l'avant et le rapport du carré de la vitesse au nombre proportionnel correspondant, rapport qui reste à très peu près constant.

Vitesses (en mètres par seconde).	Nombres proportionnels aux hauteurs de la vague de l'avant.	Rapports des carrés de la vitesse aux nombres proportionnels à la hauteur de la vague.
1,10	6,6	0,1833
1,50	12,00	0,1875
1,60	13,60	0,1882
1,70	15,60	0,1852
1,80	17,50	0,1851
1,90	19,40	0,1860
2,00	21,50	0,1860
2,10	23,70	0,1860
2,20	27,00	0,1792

([1]) Les vitesses de $1^m,1$ à $2^m,2$ par seconde du modèle correspondent à des vitesses de $8^n,55$ et de $17^n,10$ du navire de 81^m de longueur.

» Dans les essais du *Columbia* et du *Guichen*, on a relevé des hauteurs de la vague de l'avant qui sont sensiblement proportionnelles au carré de la vitesse.

Columbia.

Vitesse en nœuds.	Hauteur de la vague de l'avant (en mètres).	Rapport du carré de la vitesse à la hauteur de la vague de l'avant.
20,9	1,920	227,6
22,5	2,256	224,3

Guichen.

Vitesse en nœuds.	Hauteur de la vague de l'avant (en mètres).	Rapport du carré de la vitesse à la hauteur de la vague de l'avant.
20,64	1,90	224,2
20,91	2,00	218,7
23,54	2,40	230,0

» J'ai dit qu'il était naturel de considérer la hauteur des vagues satellites comme étant proportionnelle au carré de la vitesse du navire. Cette proportionnalité semble, en effet, une conséquence du fait relaté sous le titre A combiné avec cet autre fait, reconnu aussi par Froude, et qui consiste en ce que les vagues divergentes formées par des navires semblables se mouvant à la même vitesse constituent des systèmes dont la configuration en plan et les dimensions horizontales sont les mêmes.

» Soient c et C deux carènes semblables dont le rapport de similitude est égal à λ, se mouvant la première à la vitesse V, la seconde à la vitesse $V \times \sqrt{\lambda}$. Nous savons que, conformément à ce qui est relaté au paragraphe A [1], c et C donneront lieu à des systèmes de vagues semblables, que j'appellerai s et S, dont le rappport de similitude sera égal à λ.

» D'autre part, la carène c, si elle se meut à la vitesse $V \times \sqrt{\lambda}$, produira

[1] A. Deux navires semblables dont le rapport de similitude est égal à λ, se mouvant à des vitesses correspondantes V et $V\sqrt{\lambda}$, donnent lieu à des systèmes de vagues semblables dont le rapport de similitude est le même que celui des navires.

des vagues dont le système s_1 sera identique avec celui S produit à la même vitesse par la carène C, *au point de vue de la configuration en plan et des dimensions horizontales des vagues divergentes.* On peut en déduire que les systèmes s_1 et S auront la même hauteur. En effet, il y a lieu d'observer que les vagues divergentes n'affectent point la forme de prismes s'élevant verticalement sur les projections horizontales de ces vagues; elles ont une forme pyramidale, et chaque crête s'abaisse en pente douce de son sommet à l'extrémité de sa projection horizontale. Dans ces conditions, il ne semble pas possible que sa hauteur varie sans que la ligne qui limite la surélévation du liquide au-dessus du niveau normal soit changée de situation, ou, en d'autres termes, que la vague en plan soit modifiée. Nous devons donc admettre que les hauteurs des systèmes s_1 et S sont les mêmes pour les vagues divergentes et, par analogie, pour les vagues transversales; d'où il suit que les hauteurs de s et de s_1 sont dans le rapport λ, soit dans celui du carré des vitesses.

» 2. Froude a reconnu que, pour le modèle du *Greyhound*, dont on faisait varier la vitesse, les résistances dues à la formation des vagues satellites croissaient en même temps que les vagues dans une mesure telle qu'il y avait là une vérification expérimentale de la *loi de comparaison* [1], loi qui a pour conséquence la proportionnalité des résistances afférentes à des systèmes semblables de vagues satellites aux cubes des dimensions de ces systèmes, ce que nous allons établir.

» Considérons deux systèmes semblables de vagues satellites s et S dont les longueurs de crête en crête respectives sont δ et Δ. Soit c une carène de longueur d qui produit s à la vitesse v. S sera produit à une vitesse V telle que $\frac{V^2}{v^2} = \frac{\Delta}{\delta}$ soit par c, soit par une carène semblable C [2]. Donnons à C une longueur D telle que $\frac{D}{d} = \frac{V^2}{v^2}$. Soit r la résistance afférente aux vagues

---

[1] La *loi de comparaison* est formulée par Froude dans les termes suivants : *Si le navire a* D *fois les dimensions du modèle et si, aux vitesses* V_1, V_2, V_3, *les résistances du modèle sont* R_1, R_2, R_3, *les résistances du navire aux vitesses* $V_1\sqrt{D}$, $V_2\sqrt{D}$, $V_3\sqrt{D}$ *seront égales à* D^3R_1, D^3R_2, D^3R_3.

[2] On sait, d'une part, que tous les systèmes de vagues produits par un même navire à des vitesses différentes sont semblables, leurs dimensions homologues étant entre elles comme les carrés des vitesses, et, d'autre part, que tous les systèmes de vagues satellites produits à la même vitesse par des navires semblables sont identiques.

satellites de c marchant à la vitesse v, et R la résistance afférente aux vagues satellites de C marchant à la vitesse V. En vertu de la loi de comparaison, nous aurons $\frac{R}{r} = \frac{D^3}{d^3}$ puisque $\frac{V^2}{v^2} = \frac{D}{d}$. Nous avons aussi $\frac{V^2}{v^2} = \frac{\Delta}{\delta}$. Donc $\frac{\Delta}{\delta} = \frac{D}{d}$ et $\frac{R}{r} = \frac{\Delta^3}{\delta^3}$. C. Q. F. D. »

BOTANIQUE. — *Sur les* Daniellia *et leur appareil sécréteur.* Note de M. L. GUIGNARD.

» Dans une Note présentée à l'Académie le 7 avril courant (¹), M. Heckel a appelé l'attention sur certaines Légumineuses-Cæsalpiniées du genre *Daniellia*, qui croissent dans l'Afrique occidentale et fournissent un produit balsamique spécial. On n'en connaît encore, d'une façon suffisante, que deux espèces, le *D. thurifera*, décrit par J. Bennett en 1854, et le *D. oblonga*, distingué du précédent par D. Oliver en 1871. Depuis la description de J. Bennett et les indications sommaires du Dr Daniell sur « l'encens de Sierra Leone » fourni par la première de ces espèces, leur étude n'avait pas été reprise.

» Au retour de son récent voyage botanique au Soudan et au Sénégal, M. Aug. Chevalier avait eu l'obligeance de me remettre des échantillons des deux plantes, soit secs, soit parfaitement conservés dans des liquides appropriés; ils étaient accompagnés de notes intéressantes sur les caractères extérieurs et la distribution géographique de chacune d'elles. L'étude de ces échantillons m'a permis de publier, au commencement du mois dernier [2], un travail assez détaillé, dont le principal but était de faire connaître la présence, chez les *Daniellia*, d'un appareil sécréteur particulier, analogue à celui que j'avais décrit jadis chez les *Copaifera* [3]. M. Heckel ne paraît pas en avoir eu connaissance.

» Je n'attacherais cependant aucune importance à cette question de

(1) ED. HECKEL, *Sur les* Daniellia *d'Afrique occidentale et sur leurs produits résineux, leur rapport avec le* Hammout *ou encens du Soudan français* (*Comptes rendus*, séance du 7 avril 1902).

(2) *Les* Daniellia *et leur appareil sécréteur* (*Journal de Botanique*, mars 1902, p. 69-97, avec 19 figures dans le texte).

(3) *L'appareil sécréteur des* Copaifera (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXXIX, 1892).

priorité, si les résultats énoncés par l'auteur n'étaient bien différents, comme on va le voir, de ceux auxquels je suis arrivé. Je ne rappellerai d'ailleurs, ici, que l'un des points les plus intéressants dans cette étude.

» Les *Daniellia*, dit M. Heckel, peuvent se ranger à côté des *Hymenæa*, des *Myroxylon* et des *Copaifera*, toutes Légumineuses bien connues comme pourvues de canaux sécréteurs dans divers tissus de leurs organes. Mais, ici, ils sont localisés dans l'écorce et dans la moelle, ce qui les distingue nettement des trois genres que je viens de nommer. Dans les Copahus, en effet, d'après M. Guignard, ces canaux existent dans l'écorce (primaire au moins), dans le bois et dans la moelle de la tige; dans les *Myroxylon*, qui donnent le baume de Tolu et du Pérou, et dans les *Hymenæa* (à copal), ils sont localisés dans l'écorce. La situation de ces canaux dans les *Daniellia* est donc intermédiaire (écorce et moelle) : elle vient combler une lacune qui permet ([1]) d'établir un parallèle complet entre la disposition de ces organes dans les Légumineuses et dans les Térébinthacées, deux familles à affinités éloignées....

» Bien que la controverse ne porte pas, dans le cas actuel, sur les *Hymenæa* et les *Myroxylon*, je crois pourtant devoir faire remarquer d'abord, au point de vue de la nature et de la répartition des organes sécréteurs, que, sur des échantillons authentiques d'*Hymenæa verrucosa*, provenant de la Martinique et accompagnés de morceaux de copal fournis par cette plante, j'ai trouvé des poches sécrétrices à la fois dans l'écorce primaire et dans la moelle (où elles deviennent souvent très volumineuses), et non des canaux sécréteurs dans l'écorce seulement.

» Chez les *Daniellia*, l'écorce renferme aussi des organes sécréteurs schizogènes dans le parenchyme primaire, mais ce sont également des poches isolées, plus ou moins allongées, et non des canaux. En outre, et c'est là ce qui distingue avant tout les *Daniellia* des deux genres précédents, *le bois contient des canaux sécréteurs*, fort nombreux dans le *D. thurifera* tout au moins, et que M. Heckel n'a pas aperçus. Les canaux qu'il rapporte à la moelle, à la périphérie de laquelle ils sont situés, ont un diamètre plus grand que ceux du corps ligneux et sont par suite plus apparents. Mais, après en avoir étudié l'origine et suivi le développement sur des matériaux fort bien conservés pour l'étude anatomique, je pense qu'ils doivent être, en réalité, rapportés au bois lui-même; les *Copaifera*, au contraire, ont en plus des poches propres à la moelle, souvent fort longues, et réparties dans toute son épaisseur. Les canaux d'apparence périmédul-

([1]) Il faut évidemment lire « et permet... ».

laire, chez les *Daniellia*, comme les canaux plus étroits situés dans la masse ligneuse, forment un système anastomosé analogue à celui du bois du *Copaifera*, mais à mailles plus larges et surtout plus allongées.

» C'est précisément l'existence de ce système sécréteur réparti dans toute l'épaisseur du bois qui constitue le caractère saillant des *Daniellia;* avec le *Copaifera* et les *Eperua* de l'Amérique tropicale, ce sont, à ma connaissance, les seules Légumineuses actuellement connues comme possédant des canaux sécréteurs intra-ligneux. »

BOTANIQUE FOSSILE. — *Nouvelles observations sur la flore fossile du bassin de Kousnetzk* (*Sibérie*). Note de **R. Zeiller.**

« J'ai formulé, il y a environ six ans, quelques observations sur les conclusions de Schmalhausen relatives à l'âge de la flore fossile du bassin de Kousnetzk, situé sur le versant nord de l'Altaï, ainsi que de la Tongouska inférieure [1]. Alors que le bassin de Kousnetzk avait été assimilé au Grès rouge par P. de Tchihatcheff, et rapporté au terrain houiller par M. Grand'Eury comme par H.-B. Geinitz, Schmalhausen, qui le premier avait pu faire une étude détaillée de sa flore, avait, en 1879 [2], attribué au Jurassique, en les rangeant dans le Jura brun, les couches de charbon de ce bassin, dont la flore lui avait paru avoir une étroite affinité avec celle de l'Oolithe inférieure de la Sibérie, qui venait d'être décrite par O. Heer. Il avait rangé sur le même niveau les schistes à empreintes végétales de la Tongouska inférieure, dont la flore est, en effet, à peu près identique à celle du bassin de Kousnetzk.

» MM. Bodenbender et Kurtz ayant retrouvé en 1895 dans le Permien de la République Argentine des espèces qui n'avaient encore été rencontrées que dans les couches de la Petschora, classées également comme jurassiques par Schmalhausen, j'avais montré que pour la Petschora tout au moins les déterminations d'âge de Schmalhausen devaient être rectifiées, qu'il fallait rapporter au Permien les couches à plantes de cette région, et

---

[1] *Remarques sur la flore fossile de l'Altaï, à propos des dernières découvertes paléobotaniques de MM. les Drs Bodenbender et Kurtz dans la République Argentine* (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. XXIV, 1896, p. 466-487).

[2] J. Schmalhausen, *Beiträge zur Jura-Flora Russlands* (*Mém. Acad. Imp. d. Sciences de Saint-Pétersbourg*, t. XXVII, n° 4).

qu'il en était probablement de même pour celles du bassin de Kousnetzk et de la Tongouska inférieure. Toutefois quelques-unes des espèces de ces dernières provenances décrites par Schmalhausen paraissant réellement affines à certains types de la flore secondaire, il m'avait paru prudent, malgré la présence de Lépidodendrées dans le bassin de Kousnetzk, et malgré les affinités d'un bon nombre des espèces de ce bassin avec des formes permiennes, de demeurer sur la réserve et de m'abstenir de conclusions formelles jusqu'à ce qu'une étude paléobotanique approfondie eût pu être entreprise sur des matériaux plus complets et eût donné la solution définitive de la question.

» Depuis la publication de cette Note, M. Tolmatschow, l'un des géologues chargés de l'étude du bassin de Kousnetzk, a bien voulu me demander d'étudier les échantillons recueillis dans ce bassin tant par quelques-uns de ses confrères que par lui-même, et j'ai reçu en communication, par son obligeant intermédiaire, les séries d'empreintes de cette provenance comprises dans les collections du Musée géologique de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg, du Comité géologique de Russie, et des Universités impériales de Saint-Pétersbourg, de Jurjew (Dorpat) et de Tomsk, formant un total d'environ 300 échantillons. L'étude détaillée en sera nécessairement assez longue, mais le premier examen que j'en ai fait m'a fourni déjà des résultats assez nets pour qu'il me paraisse intéressant de les communiquer à l'Académie.

» La plus grande partie de ces échantillons proviennent de l'étage moyen du bassin de Kousnetzk, qui renferme les couches exploitables, et principalement des localités de Balahonka, Meretzkaïa, Koltchouguina, Batchat, Novo-Batchat, Belowa-sur-Batchat, Afonina, Monastyrskaïa, des rivières Inia, Oussa et Toutoniasse.

» L'étage inférieur, qui, d'après les renseignements que m'a communiqués Mme Tolmatschow, repose directement et en stratification concordante sur le calcaire carbonifère marin, n'a guère fourni que des moules internes de tiges de Lépidodendrées, du type *Knorria,* qui ne semblent pas se retrouver dans l'étage moyen.

» Les espèces les plus abondantes de cet étage moyen sont celles que Schmalhausen a décrites sous les noms de *Cyathea Tchihatchewi*, de *Cyclopitys Nordenskiöldi,* de *Rhiptozamites Gœpperti :* l'examen que j'ai fait des échantillons mêmes a confirmé les présomptions que m'avait suggérées la vue des figures, très exactes, de la *Jura-Flora Russlands* de Schmalhausen.

» Le *Cyathea Tchihatchewi,* décrit antérieurement par Gœppert sous les

noms de *Sphenopteris imbricata* et de *Sphen. anthriscifolia*, et rapproché avec raison par Eichwald du *Pecopteris Pluckeneti*, me paraît décidément identique avec le *Pecopteris leptophylla* Bunbury, du Permien inférieur du Portugal et de la Corrèze.

» Le *Cyclopitys Nordenskiöldi* est, à n'en pas douter, une Equisétinée du groupe des Annulariées, ne différant des *Annularia* typiques que par l'incurvation de ses feuilles qui, étalées sur presque toute leur étendue dans un même plan, s'infléchissent plus ou moins nettement à la base pour s'insérer sur les articulations du rameau; mais ce caractère, qui se retrouve chez l'*Annularia australis* du Houiller d'Australie, comme l'avait lui-même reconnu Schmalhausen, n'est pas toujours également accentué, et chez certains échantillons de Novo-Batchat l'incurvation basilaire est même si peu sensible qu'on croirait avoir affaire tout simplement à l'*Annularia stellata* du Stéphanien et du Permien.

» Les feuilles décrites comme *Rhiptozamites Gœpperti* ne sont autre chose que des feuilles de *Cordaites*, les unes à nervation exactement parallèle, les autres, plus petites, à nervures quelque peu divergentes, et je serais assez porté à penser qu'il doit y avoir là deux formes spécifiques différentes.

» Parmi les espèces affines, au moins en apparence, à des types jurassiques, la plus caractéristique, celle que Schmalhausen avait identifiée au *Pecopteris whitbyensis* de Brongniart, appartient bien en effet au groupe des *Cladophlebis*, si répandu à l'époque secondaire, mais elle me paraît différer quelque peu des espèces triasiques aussi bien que jurassiques, et devoir conserver le nom spécifique propre que lui avait assigné Gœppert (*Neuropteris adnata*), se rapprochant surtout des espèces du Permien de la Virginie décrites par MM. Fontaine et White comme *Callipteridium Dawsonianum* et *Call. odontopteroides*.

» L'examen du principal échantillon figuré par Schmalhausen comme *Phœnicopsis angustifolia* me porterait à y voir plutôt des fragments de feuilles de *Baiera* rappelant surtout certaines formes permiennes.

» Je n'ai, il est vrai, rien à reprendre à la détermination de Schmalhausen relative au *Czekanowskia rigida*, mais si l'on a en effet affaire à ce genre, qui n'avait pas encore été reconnu dans la flore paléozoïque, il est difficile d'affirmer l'identité spécifique lorsqu'on ne dispose, comme c'est le cas, que d'organes foliaires presque filiformes, ne pouvant guère offrir de caractères distinctifs appréciables.

» En s'en tenant donc aux espèces mêmes décrites par Schmalhausen,

et sans revenir, pour celles dont je ne rappelle pas ici les noms, sur les observations que j'avais formulées en 1896, on peut dès maintenant conclure, sans hésitation, à l'attribution au Permien de cette flore fossile de l'étage moyen du bassin de Kousnetzk, ainsi que je l'avais pensé, et conformément à la détermination d'âge géologique indiquée dès 1845 par Tchihatchew. Mais les échantillons qui m'ont été communiqués renferment en outre quelques autres espèces que Schmalhausen n'avait pas eues sous les yeux, et en présence desquelles il n'aurait pu hésiter, tant elles sont caractéristiques. Je citerai d'abord, de la rivière Oussa, près de son confluent avec la rivière Nime-ni-guesse, un *Nevropteris* très voisin, s'il ne lui est identique, du *Nevr. Planchardi* Zeiller du Permien inférieur; puis, de Balahonka, un petit fragment de penne appartenant évidemment au genre permien *Callipteris*, et voisin à la fois du *Call. crassinervia* Gœppert (sp.) et du *Call. Nicklesi* Zeiller; enfin, de Koltchouguina, de superbes échantillons du *Callipteris conferta*, les uns presque exactement conformes au type même de Sternberg, les autres offrant la variété *obliqua* : cette espèce, si répandue dans le Permien et exclusivement propre à ce terrain, aurait suffi à elle seule à trancher la question, et constitue certainement le document le plus intéressant de ceux qui m'ont été communiqués.

» J'ajoute que j'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Tolmatschow, obtenir communication de quelques-uns des types mêmes de Schmalhausen, entre autres du *Zamiopteris glossopteroides* de la Tongouska inférieure, que M. Kosmovsky [1] avait rapproché des *Gangamopteris* de la flore fossile de l'Inde et de l'Australie et que j'avais moi-même comparé au genre *Palæovittaria* de la flore de Damuda : l'examen que j'en ai fait m'a permis d'y reconnaître un *Lesleya* bien caractérisé, tout à fait comparable à certaines formes des couches stéphaniennes ou permiennes du centre ou du midi de la France. D'autre part, les *Rhiptozamites* doivent être, ainsi que je l'ai dit, identifiés à notre genre houiller et permien *Cordaites*, et non pas aux *Nœggerathiopsis*, auxquels divers auteurs, notamment M. Kosmovsky et tout récemment M. Newell Arber [2], avaient cru pouvoir les assimiler.

---

(1) C. Kosmovsky, *Quelques mots sur les couches à végétaux fossiles dans la Russie orientale et la Sibérie* (*Bull. Soc. Imp. des Natur. de Moscou*, 1891, n° 1, p. 170-177).

(2) E.-A. Newell Arber, *On the Clarke collection of fossil plants from New South Wales* (*Quart. Journ. Geol. Soc. London*, t. LVIII, 1902, p. 1-27, pl. I).

» Ces flores permiennes de la Sibérie n'ont donc pas, à part les *Phyllotheca,* autant de ressemblances avec la flore indienne à *Glossopteris* qu'on avait pu le croire un moment. En réalité, elles me paraissent étroitement alliées, par les espèces qui s'y montrent les plus abondantes et les plus caractéristiques, aux flores permiennes normales de l'Europe et de l'Amérique du Nord, dont elles ne se distinguent guère que par la présence de quelques types particuliers, tels que les *Phyllotheca* et les diverses formes que Schmalhausen a rapportées aux Salisburiées, ces dernières y étant d'ailleurs fort rares et n'y jouant qu'un rôle absolument effacé. »

M. **Berthelot** est désigné comme Délégué de l'Académie des Sciences à la Commission du *Journal des Savants*.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de diverses Commissions.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Commission chargée de juger le concours du prix Valz pour 1902. — MM. Lœwy, Janssen, Callandreau, Wolf, Radau.

Commission chargée de juger le concours du prix Damoiseau pour 1902. — MM. Callandreau, Radau, Lœwy, Wolf, Faye.

Commission chargée de juger le concours du prix Janssen pour 1902. — MM. Janssen, Lœwy, Wolf, Callandreau, Faye.

Commission chargée de juger le concours du prix Binoux pour 1902. — MM. Guyou, Bouquet de la Grye, Grandidier, de Bussy, Bassot.

Commission chargée de juger le concours du prix Hébert pour 1902. — MM. Mascart, Lippmann, Becquerel, Violle, Potier.

Commission chargée de juger le concours du prix Montyon (*Statistique*) *pour* 1902. — MM. Haton de la Goupillière, Alfred Picard, Rouché, de Freycinet, Laussedat, Brouardel.

Commission chargée de juger le concours du prix Jecker pour 1902. — MM. Troost, Gautier, Moissan, Ditte, Lemoine, Haller.

Commission chargée de juger le concours du prix Fontannes pour 1902. — — MM. Gaudry, Marcel Bertrand, de Lapparent, Zeiller, Michel Lévy.

Commission chargée de juger le concours du prix Gay pour 1902. — MM. Bouquet de la Grye, Bassot, de Lapparent, Laussedat, Grandidier.

Commission chargée de juger le concours du prix Desmazières pour 1902. — MM. Bornet, Van Tieghem, Guignard, Bonnier, Prillieux.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente un Volume posthume de *Joseph Bertrand* intitulé « Éloges académiques, nouvelle série ».

Ce Volume comprend les éloges de Poinsot, de Cosson, de Chasles, de Cordier, de Paris, de Cauchy et de Tisserand, lus dans les séances publiques de l'Académie, et des Notices sur Viète, Galilée, Papin, Clairaut, Euler, d'Alembert et Lagrange, Abel, Galois, Faraday, Pasteur.

M. **Albert Gaudry** présente un nouveau Volume du Système silurien de la Bohême, qui porte en tête : « Hommage du Musée bohême à l'Académie des Sciences, conformément au désir exprimé par Joachim Barrande dans son testament. » Lorsque, en 1883, l'éminent précepteur du comte de Chambord mourut à Frohsdorf, il avait composé 22 grands Volumes sur le système silurien du centre de la Bohême : c'est assurément un des monuments les plus remarquables qui aient été élevés dans les Sciences naturelles. Pourtant le travail n'était pas achevé. Barrande chargea le Musée bohême de terminer son Ouvrage. 3 Volumes des suites à Barrande ont paru; le 4e Volume, qui est envoyé aujourd'hui à l'Académie, est du Dr Philippe Pŏcta, professeur de Paléontologie à l'Université bohême de Prague; il traite des Anthozoaires et des Alcyonaires.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon* (*équatorial Brünner de* $0^m,16$), *pendant le quatrième trimestre de* 1901. Note de M. **J. Guillaume**.

« Ces observations sont résumées dans les Tableaux suivants, dont l'explication a été donnée page 583 du présent Volume des *Comptes rendus*.

» Il y a eu 40 jours d'observation dans ce trimestre; les principaux faits qui en résultent sont les suivants :

» *Taches*. — Le nombre des groupes de taches notés est de 5, nombre égal à celui

du précédent trimestre, mais leur surface totale est plus forte; on a, en effet, 189 millionièmes au lieu de 28 millionièmes.

» Leur répartition entre les deux hémisphères est de 3 au sud au lieu de 2, et de 2 au nord au lieu de 3.

» Le nombre des jours où le Soleil a été vu sans taches est de 28, d'où il résulte un nombre proportionnel de 0,70 au lieu de 0,83 obtenu précédemment.

» *Régions d'activité.* — Les groupes de facules ont augmenté tant en nombre qu'en étendue; on a, en effet, 76 groupes et une surface totale de 20,6 millièmes au lieu de 50 groupes et 12,0 millièmes.

» Cet accroissement du nombre des groupes de facules est, dans l'hémisphère sud, quadruple de ce qu'il est au nord de l'équateur; on a, en effet, 34 groupes au sud au lieu de 13, et 42 au nord au lieu de 37.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre 1901. — 0,62			
7-12	4	10,3	−9°,0		28
12	1	13,6		+32°,0	9
	13 j.		−9°,0	+32°,0	

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Novembre 1901. — 0,64			
31	1	2,6	— 6°		20
13-21	5	19,3	−20°		125
	14 j.		−13°,0	»	
		Décembre 1901. — 0,85			
10-11	2	9,8		+28°	7
	13 j.		»	+28°,0	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1901.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre...	»	»	»	»	1	1	1	»	»	»	1	»	2	37
Novembre.	»	»	»	1	1	2	»	»	»	»	»	»	2	145
Décembre.	»	»	»	»	»	»	1	»	»	1	»	»	1	7
Totaux..	»	»	»	1	2	3	2	»	»	1	1	»	5	189

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1901.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre...	1	2	1	»	4	8	13	4	2	»	1	6	21	5,9
Novembre.	3	»	1	1	3	8	11	2	»	1	2	6	19	5,2
Décembre.	8	2	4	2	2	18	18	1	2	2	4	9	36	9,5
Totaux..	12	4	6	3	9	34	42	7	4	3	7	21	76	20,6

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la déformation continue des surfaces.* Note de M. G. **Tzitzeica**, présentée par M. Darboux.

« C'est un théorème bien connu qu'on ne peut pas déformer une surface si une des courbes tracées sur elle reste rigide, sauf dans le cas où cette courbe est une ligne asymptotique. Cependant, je crois qu'on n'a jamais donné d'exemple de la déformation continue d'une surface autour d'une ligne asymptotique curviligne rigide. Les considérations suivantes m'ont permis de trouver une classe de surfaces qui admettent une déformation continue, avec conservation d'un réseau conjugué, autour de l'une de leurs lignes asymptotiques.

» J'ai démontré, il y a déjà quelque temps, qu'étant donnée la surface

$$(1)\qquad \begin{cases} x = A(a+u)^{\frac{3}{2}}(a+v)^{\frac{3}{2}}, \qquad y = B(b+u)^{\frac{3}{2}}(b+v)^{\frac{3}{2}}, \\ z = C(c+u)^{\frac{3}{2}}(c+v)^{\frac{3}{2}}, \end{cases}$$

il y a une infinité de surfaces applicables sur elle et ayant en commun avec elle le réseau conjugué (u, v), à savoir les surfaces

$$(2)\qquad \begin{cases} x' = A'(a'+u)^{\frac{3}{2}}(a'+v)^{\frac{3}{2}}, \qquad y' = B'(b'+u)^{\frac{3}{2}}(b'+v)^{\frac{3}{2}}, \\ z' = C'(c'+u)^{\frac{3}{2}}(c'+v)^{\frac{3}{2}} \end{cases}$$

avec

$$(3)\qquad \begin{cases} \Sigma A'^2 = \Sigma A^2, \qquad \Sigma A'^2 a' = \Sigma A^2 a, \qquad \Sigma A'^2 a'^2 = \Sigma A^2 a^2, \\ \Sigma A'^2 a'^3 = \Sigma A^2 a^2, \qquad \Sigma A'^2 a'^4 = \Sigma A^2 d^4. \end{cases}$$

» Il est intéressant de remarquer qu'on peut faire correspondre à tout point de la surface (1) un point d'un certain plan qui coupe les axes aux points α, β et γ. Les courbes coordonnées $u = \text{const.}$, $v = \text{const.}$ correspondent à des droites qui enveloppent une parabole P inscrite au triangle $\alpha\beta\gamma$; à cette parabole P du plan correspond la ligne asymptotique $u = v$, qu'enveloppent par conséquent les courbes coordonnées. Si l'on considère une autre parabole inscrite au triangle $\alpha\beta\gamma$, on aura sur la surface une autre ligne asymptotique, et aux tangentes de la nouvelle parabole correspondront les courbes d'un nouveau réseau conjugué qui reste le même dans une déformation continue.

» Cela étant, remarquons que, sur chacune des surfaces (2) de même que sur (1), la courbe $u = v$ est une ligne asymptotique; de plus, *aux points*

correspondants, ces lignes asymptotiques ont la même courbure et la même torsion. Il résulte de là qu'on peut, par un simple déplacement, faire coïncider l'asymptotique $u = v$ de (1) avec l'asymptotique $u = v$ d'une surface quelconque (2).

» Voici d'ailleurs les résultats définitifs : *les formules*

$$X = \alpha_1(x' - A'a'^3) + \beta_1(y' - B'b'^3) + \gamma_1(z' - C'c'^3) + Aa^3,$$
$$Y = \alpha_2(x' - A'a'^3) + \beta_2(y' - B'b'^3) + \gamma_2(z' - C'c'^3) + Bb^3,$$
$$Z = \alpha_3(x' - A'a'^3) + \beta_3(y' - B'b'^3) + \gamma_3(z' - C'c'^3) + Cc^3,$$

où

$$\alpha_1 = \frac{A(a-b')(a-c')}{A'(a'-b')(a'-c')}, \quad \beta_1 = \frac{A(a-c')(a-a')}{B'(b'-c')(b'-a')}, \quad \gamma_1 = \frac{A(a-a')(a-b')}{C'(c'-a')(c'-b')},$$
$$\alpha_2 = \frac{B(b-b')(b-c')}{A'(a'-b')(a'-c')}, \quad \beta_2 = \frac{B(b-c')(b-a')}{B'(b'-c')(b'-a')}, \quad \gamma_2 = \frac{B(b-a')(b-b)}{C'(c'-a')(c'-b')},$$
$$\alpha_3 = \frac{C(c-b')(c-c')}{A'(a'-b')(a'-c')}, \quad \beta_3 = \frac{C(c-c')(c-a')}{B'(b'-c')(b'-a')}, \quad \gamma_3 = \frac{C(c-a')(c-b')}{C'(c'-a')(c'-b')},$$

définissent, en tenant compte des relations (3), *une infinité de surfaces applicables les unes sur les autres, ayant toutes une courbe commune dans l'espace ($u = v$), qui est ligne asymptotique sur chacune d'elles.* »

MÉCANIQUE. — *Lois de déformation, principes de calcul et règles d'emploi scientifiques du béton armé*. Note de M. RABUT, présentée par M. Haton de la Goupillière.

« Je résume ici les résultats de 5 ans d'expériences exécutées : sur 15 poutres de 5^m, gracieusement fournies par M. Hennebique (mars 1897); sur les ponts, encorbellements, planchers, etc. des lignes de Courcelles au Champ de Mars et des Invalides à Versailles; sur le pont de Châtellerault; sur les constructions de M. E. Coignet, à l'École de Physique et de Chimie; enfin sur nombre d'ouvrages de tous types, en France et à l'étranger. J'ai employé les appareils de mesure et la méthode créés par moi [1] et grâce auxquels j'ai déjà élucidé la déformation des ponts métalliques [2].

(1) *Recherches expérimentales sur la déformation des ponts métalliques* (*Comptes rendus*, novembre 1892). — *Renseignements pratiques pour l'étude expérimentale des ponts métalliques* (*Ann. des Ponts et Chaussées*, septembre 1896).

(2) *Conférence sur l'expérimentation des ponts* (*Congrès de Mécanique appliquée en 1900*).

» Première loi. — *Influence prépondérante de la solidarité des parties d'un ouvrage sur la déformation de chacune.* — Cette solidarité existe dans les ponts métalliques rivés et explique les divergences entre les déformations réelle et calculée; mais son influence est bien plus grande dans le béton armé. Dans les mêmes conditions de travure, une charge isolée influencera trois entretoises successives d'un pont en acier, neuf dans un pont en béton armé. Les pièces d'une charpente métallique sont des barres, des lignes, qui se joignent en des points; les éléments d'un ouvrage en béton armé sont des plaques, des surfaces, qui s'assemblent suivant des lignes. *Dans le calcul du béton armé, l'essentiel est donc, non la rigueur des formules de déformation locale* (qui impliquent toujours une hypothèse arbitraire, celle de Navier ou une autre), *mais l'appréciation du mode de réaction des joints.*

» Deuxième loi. — *Absence d'efforts secondaires dans les armatures.* — Dans une poutre métallique, une barre reçoit, de ses voisines, des réactions couples; une tige noyée dans le béton est tirée ou pressée, sans flexion propre ni torsion, parce qu'elle n'est pas libre et n'a qu'une faible raideur.

» Troisième loi. — *Faiblesse des efforts dynamiques dans le béton armé.* — Dans des conditions données de portée, de choc et de rythme, l'effet dynamique sera, sur un pont en acier, 20 pour 100 de l'effet statique, et 5 pour 100 seulement sur un pont en béton armé; cela tient à la masse plus grande du second dans le rayon d'action du choc.

» Quatrième loi. — *Résistance du béton beaucoup moindre à la tension qu'au cisaillement.* — Même sous de faibles charges, le béton armé se crible de fissures orthogonales aux lignes de plus grande tension, à cause du peu d'adhérence *normale* du mortier à la pierre. D'après mes expériences de 1885, un joint de moellons résiste rarement à 1^{kg} de tension par centimètre carré; des mesures récentes de M. Breuillé montrent que l'adhérence normale du mortier au métal est tout aussi insignifiante. Au contraire (expériences de M. de Joly et de M. Mesnager), la résistance du béton au glissement est presque invincible comme son adhérence tangentielle au fer. *Les formules escomptant la tension du béton sont donc à rejeter, et celles qui traitent le béton armé en solide élastique ne peuvent convenir qu'à des ouvrages que leur forme spéciale garantirait contre toute tension.* La déformation étant discontinue, *les raisons données par Clebsch à l'appui de la vérité approximative du postulat de Navier ne s'appliquent pas au béton armé.*

» De même, *aucune pièce fléchie n'est parfaitement stable si elle ne possède, outre l'armature principale, formée de tiges longitudinales, une armature secondaire* de tiges parallèles aux charges pour résister aux tensions

qui se produisent suivant cette direction dans la zone de compression longitudinale. L'expérience directe me l'a confirmé, *sauf pour les plaques minces sans nervures*, cas extrême où les barres principales résistent transversalement par leur raideur propre et l'adhérence tangentielle du béton. Pour plusieurs savants, la résistance du béton armé à la flexion, surtout dans le cas général où il y a un effort tranchant, est un paradoxe non éclairci. Ils ont raison si, comme on l'a fait jusqu'ici, on prétend l'expliquer complètement sans l'armature secondaire. La fissilité de la zone tendue explique enfin trois autres lois aperçues par les constructeurs, énoncées et expliquées diversement par les théoriciens, et que la mesure des déformations me permet de préciser ainsi :

» Cinquième loi. — *Toute charge non encore atteinte produit une déformation permanente.* — Effet de l'allongement et de la multiplication des fissures (fait contrôlé directement).

» Sixième loi. — *La déformation est élastique sous les charges déjà atteintes.* — Fissuration stationnaire, déformation par simple réouverture des fissures.

» Septième loi. — *La flèche élastique croît plus rapidement que la charge.* — La fissuration progressant, la section résistante diminue. Cette chute du module d'élasticité *apparent* n'implique nulle variation du module réel.

» De ces lois de déformation résultent les règles de construction ci-après.

» 1° *Pas d'assemblage de fer à fer.* — Grâce au *non-glissement* du béton, deux tiges qui se croisent sont assemblées par le béton seul; de même deux tiges qui se suivent, pourvu qu'on leur *juxtapose* un couvre-joint; enfin deux massifs contigus sont rendus solidaires par le simple prolongement des fers de l'un dans le béton de l'autre.

» 2° *Pour les parties courantes, pas de variation de section dans une même pièce, ni entre pièces homologues.* — Car la solidarité égalise leurs réactions. La constitution du béton armé est donc essentiellement *démocratique*.

» 3° *Nécessité d'un, deux, ou trois cours d'armatures tendues normales entre elles*, selon le sens des actions moléculaires principales avant fissuration. Il faut, en effet, que toute fissure pouvant se produire soit *cousue* de fer. En chaque point du massif passent théoriquement une armature principale et, s'il y a lieu, une ou deux armatures secondaires, normales à la première et entre elles.

» 4° *Faculté d'une, deux ou trois armatures pressées*, selon le sens des actions moléculaires principales. L'emploi de ces armatures peut être avantageux, surtout dans les grands ouvrages; mais elles ne sont pas indispensables, comme les armatures tendues, à la constitution du béton armé.

» 5° *Nulle part plus de trois armatures en tout,* chacune des trois pouvant être tendue ou pressée.

» 6° *Dans toute armature, chaque tige doit travailler partout suivant sa propre direction et n'exercer sur le béton qu'une réaction tangentielle.* — Car c'est de cette façon que la résistance du béton et celle du métal sont le mieux utilisées.

» En résumé, le béton armé se déforme selon des lois plus précises et plus simples qu'on ne l'a cru, facilement expliquées par les propriétés de ses matériaux. De ces lois résultent des principes de calcul et des règles d'emploi d'un caractère scientifique très net.

» J'ajoute que ces principes et ces règles concordent avec la pratique des meilleurs constructeurs.

» Ainsi me paraît assuré l'avenir d'un système de construction encore discuté à cause de sa complexité, mais qui tire ses avantages de cette complexité même, puisque comprenant, en quelque sorte, comme cas particuliers, la charpente métallique et la maçonnerie, il réunit leurs mérites et surpasse ainsi l'une et l'autre en souplesse et en puissance. »

OPTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode pour la mesure optique des épaisseurs.* Note de M. J. **Macé de Lépinay.**

« La méthode de mesure optique des épaisseurs, que j'ai imaginée en 1887 et appliquée, depuis, en particulier, à la vérification du kilogramme [1], fondée sur l'observation des franges de Talbot, présente l'inconvénient de nécessiter la connaissance d'une donnée auxiliaire, l'indice de réfraction de la lame étudiée. Or, dès que l'épaisseur à mesurer dépasse 2^{cm} ou 3^{cm}, c'est cette opération auxiliaire qui seule se trouve limiter à $\frac{1}{600000}$ environ la précision qu'il est possible d'atteindre. Il est toujours à craindre, en outre, malgré la précaution que l'on prend de déterminer cet indice sur un prisme tiré du même morceau que la lame, que l'indice ainsi mesuré et celui de la lame ne soient pas absolument identiques [2].

---

[1] *Ann. de Chim. et de Phys.,* 6e série, t. X, 1887; 7e série, t. V, 1895, et t. XI, 1897.

[2] Il est très vraisemblable que, dans le cas de mes expériences relatives au kilogramme, cette dernière crainte n'était pas justifiée. En effet, le quartz qui constituait

» Désirant reprendre l'étude du kilogramme, j'ai tenu à faire disparaître tout d'abord cette double cause d'erreur. On peut y parvenir en combinant l'observation de franges des lames mixtes avec celle de franges des lames parallèles, en ayant soin, pour tenir compte tout à la fois des variations possibles d'épaisseur et d'indice, de faire porter les deux séries de mesures sur la même région de la lame. Si, en effet, $p = x + a$ et $P = X + A$ sont les deux ordres d'interférence correspondants pour la radiation de longueur d'onde λ, x ou X en étant les parties entières, a ou A les parties fractionnaires, e l'épaisseur de la lame, dont l'indice par rapport à l'air est n dans les conditions de l'expérience, on a

$$(n-1)e = p\lambda = (x+a)\lambda, \qquad 2ne = P\lambda = (X+A)\lambda,$$

d'où l'on tire

$$2e = (P - 2p)\lambda = (X - 2x + A - 2a)\lambda = (y + b)\lambda,$$

où y est un nombre entier et b un nombre fractionnaire qui se déduit de A et a, *sans qu'il soit nécessaire de connaître les nombres entiers* X *ou* x.

» L'ordre d'interférence $y + b$ étant le même que celui que donnerait, dans les mêmes conditions de température et de pression, une lame d'air, limitée par deux surfaces réfléchissantes, distantes de e, on voit qu'il est possible de déduire d'observations ainsi conduites l'épaisseur e de la lame, indépendamment de la connaissance de son indice, à la seule condition de pouvoir, par les méthodes devenues classiques ([1]), déterminer sans ambiguïté la partie entière, y, de cet ordre d'interférence.

» Remarquons, en outre, que si l'on part, pour l'indice, de données primitives suffisamment approchées, en appliquant, au besoin, pour les corriger progressivement, les méthodes générales connues ([2]), l'une ou l'autre des deux premières équations permettra de calculer une valeur de

---

le cube de $0^m,04$ de côté qui a été employé présente des garanties particulières d'homogénéité; cette homogénéité, du moins dans toute la masse du cube, se trouve établie par l'identité complète des courbes d'égale épaisseur obtenues, d'une part par la méthode des franges de Talbot et, de l'autre, par la méthode interférentielle directe, indépendante de l'indice, que j'ai appliquée à l'étude du même cube, en collaboration de MM. Perot et Fabry (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, 1899, p. 1317).

([1]) Voir J. Macé de Lépinay, *Franges d'interférences et leurs applications métrologiques* (Collection *Scientia*, 2e Partie, Chap. III).

([2]) *Loc. cit.*, 3e Partie, Chap. V.

l'indice qui pourra être beaucoup plus exacte que celle qu'il est possible de déduire de mesures goniométriques.

» Cette méthode de mesure des épaisseurs me semble présenter sur les autres méthodes interférentielles récentes plusieurs avantages : elle est plus directe, en ce qu'elle ne fait pas intervenir d'autres surfaces réfléchissantes que celles qui limitent la lame étudiée ; elle se prête à des mesures exactes, alors même que cette lame serait un peu imparfaite, tant au point de vue de l'homogénéité que du parallélisme des surfaces, à la condition de limiter convenablement l'étendue de la région utilisée.

» L'observation, tout aussi bien de franges des lames mixtes que de franges des lames parallèles, semble pouvoir se faire indifféremment en lumière homogène ou en lumière blanche (spectres cannelés). L'emploi de radiations homogènes s'impose, en réalité, parce que les cannelures d'un spectre, qui sont environ six fois plus resserrées dans le cas de franges des lames parallèles que dans celui de franges des lames mixtes, deviendraient rapidement inobservables dans le premier cas, même en faisant usage d'un réseau de Rowland de 7^{m} de rayon.

» Tels sont les principes sur lesquels repose la méthode que j'ai cherché à réaliser avec la collaboration de M. H. Buisson. La description de la disposition adoptée, du mode d'observation et des résultats des premiers essais fera l'objet d'une Communication ultérieure. »

PHYSIQUE. — *Sur l'absorption de la radioactivité par les liquides.* Note de M. **Th. Tommasina.**

» Poursuivant des recherches sur la nature de la modification électrique produite par la radioactivité, après avoir reconnu la rapidité de l'apparition et de la disparition du phénomène dans l'air et qu'il arrive presque immédiatement à son maximum d'intensité, j'ai constaté que la conductibilité des diélectriques liquides et solides semble augmenter également sous l'action de la radioactivité ([1]).

» La Note récente de M. P. Curie ([2]) me dispense de citer mes expériences, d'ailleurs purement qualitatives, faites sur le même sujet ; ainsi, je

---

([1]) Compte rendu de la séance du 9 janvier 1902 de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève (*Archives des Sciences physiques et naturelles*, mars 1902).

([2]) *Comptes rendus* de la séance du 17 février 1902, t. CXXXIV, p. 420.

ne décrirai que le dispositif que j'ai utilisé pour étudier l'absorption de la radioactivité par plusieurs liquides.

» Le diamètre des plateaux de l'électroscope Curie est de 8^{cm} et la distance qui les sépare de 3^{cm}; j'ai choisi un cristallisoir plus large de 3^{cm} et plus haut de 1^{cm}; j'ai placé à l'intérieur un tube en verre contenant le mélange radioactif de chlorures de radium et de baryum et tracé sur la paroi du cristallisoir le niveau supérieur du tube couché, puis j'ai divisé le reste de la hauteur de la paroi en demi-centimètres.

» Le cristallisoir vide et séché à la flamme est placé sur le disque ou plateau inférieur non isolé de l'électroscope; le plateau supérieur isolé pénètre dans le cristallisoir, séparé de ce dernier par un espace d'air de $1^{cm},5$ tout autour et de presque 3^{cm} au-dessus du fond. Comme dans la boîte vitrée renfermant la feuille mobile, il y a un trou qui donne passage libre, avec un jeu de 1^{mm}, à la tige métallique qui soutient le plateau supérieur, je l'ai bouché avec de la paraffine pour empêcher l'entrée des vapeurs émises par les différents liquides.

» On électrise l'appareil et l'on fait une première série de lectures (colonne I de la Table).

» Une fois des résultats bien concordants obtenus, on place dans le récipient le tube radioactif couché suivant un diamètre normal ou parallèle à l'appareil; la deuxième série de lectures (colonne II) que l'on fait donne l'accroissement de la conductibilité de l'air dû au rayonnement du tube.

» On éloigne de nouveau le tube de plus de 6^{m}, on verse dans le cristallisoir une couche du liquide à étudier jusqu'au niveau du premier trait, et l'on fait alors la troisième série de lectures (colonne III), laquelle donne la modification de la dispersion électrique produite par la seule action des vapeurs qu'émet le liquide. Dans les conditions de l'expérience, cette modification étant presque imperceptible, la colonne III démontre la disparition immédiate de l'action de la radioactivité dès que le tube a été éloigné à la distance indiquée.

» Le tube radiant étant replacé dans la même position, dans le liquide du cristallisoir qui l'affleure, le résultat de la quatrième série (colonne IV) donne la diminution de l'effet dû à l'absorption latérale par le liquide. Comme on le voit, cette diminution est presque de $\frac{1}{3}$ par rapport aux chiffres de la colonne II.

Les cinquième, sixième et septième séries (colonnes V, VI et VII) sont obtenues en ajoutant successivement chaque fois une couche de liquide de $0^{cm},5$ d'épaisseur sur le tube; les chiffres de ces colonnes indiquent la marche de l'amortissement de la radioactivité dans les différents liquides.

» On fait enfin une dernière série de lectures (colonne VIII) en sortant et en éloignant de nouveau le tube. Les résultats de cette huitième série montrent que, dans tous les liquides, l'effet d'une action même prolongée de ces rayons disparaît immédiatement.

» Refaisant les séries en sens inverse, sortant chaque fois la quantité nécessaire de liquide au moyen d'une pipette, on obtient sensiblement les mêmes moyennes.

» Il a été reconnu que l'influence des parois du cristallisoir est négligeable par l'expérience suivante :

» On a suspendu à un fil de soie, au-dessus du centre d'un large récipient en verre

(50cm de diamètre) dont le bord n'avait que 10cm de haut, un disque métallique horizontal de même dimension que ceux de l'électroscope et on l'a mis en communication avec ce dernier.

» Des couches de liquide de 0cm,5 d'épaisseur étaient ajoutées successivement au-dessus du tube radiant placé au centre de la cuve. Les chiffres obtenus donnent les mêmes courbes d'absorption, déduction faite des irrégularités dues aux imperfections du dispositif.

	Cuve vide,		Couche de liquide,		Couche de liquide sur le tube,			Liquide
	sans tube. I.	avec tube. II.	sans tube. III.	avec tube. IV.	de 0cm,5. V.	de 1cm. VI.	de 1cm,5. VII.	sans tube. VIII.
Sulfure de carbone	4	64,5	3,5	46,0	23,3	18,0	13,0	3
Toluol	0,5	62,0	0,5	41,5	23,2	16,6	13,1	0,2
Benzène	1	61,8	1	40,9	21,9	15,0	12,0	1
Essence de térébenthine	0,5	61,9	0,5	39,5	22,7	18,0	15,0	0,5
Alcool	1	61,9	1	38,5	23,0	16,9	13,6	1
Huile de vaseline	4	58,9	3	40,5	22,5	19,4	15,5	3
Pétrole	1,5	60,5	1,5	38,0	21,9	17,1	14,0	1,5
Eau distillée	1	61,5	1	39,3	21,0	17,5	14,9	1
Eau du Rhône	1	61,0	1	38,1	20,5	17,3	14,0	1
Ammoniaque	2,5	61,0	2	37,0	20,1	16,4	12,0	2
Sol. conc. bicarb. de soude	1	57,5	0,5	37,0	20,3	17,6	14,0	0,5
Sol. 10 % acide sulfurique	0,5	56,5	0,5	37,5	20,7	17,6	15,0	0,5
Sol. 2 % sulfate de cuivre	1	58,0	1	37,0	21,0	17,3	14,8	1
Acide acétique	0,5	60,1	0,5	36,5	20,1	16,5	13,6	0,5
Acétate de plomb	1,5	60,3	1	36,2	19,9	17,1	13,5	1
Acétate d'amyle	1,5	61,7	1	38,1	19,0	16,5	13,1	0,5
Glycérine	3	59,1	2	37,1	19,5	16,4	13,0	2

» Les chiffres de cette Table, bien que n'ayant qu'une valeur approximative, étant donnée la nature simplement démonstrative du dispositif adopté, mettent pourtant en évidence la nature spéciale du phénomène; je me propose d'en poursuivre l'étude de manière à avoir les courbes, pour chaque liquide, jusqu'à l'amortissement complet de l'action du rayonnement. »

CHIMIE. — *Sur la formation d'images négatives par l'action de certaines vapeurs*. Note de M. P. VIGNON, présentée par M. Yves Delage. (Extrait) [1].

« On sait, par les travaux de M. Colson publiés en 1896 dans les *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences, que le zinc fraîchement

---

[1] Travail exécuté en collaboration avec M. le commandant Colson.

décapé émet, à la température ordinaire, des vapeurs capables de voiler les plaques photographiques dans l'obscurité. On savait, par les recherches de Russell, que les stries d'une lame de zinc se reproduisaient sur la plaque photographique. Mais de là à réaliser l'image d'un objet en relief il y avait loin. Nous avons réussi à obtenir des images soit avec des médailles saupoudrées de zinc, soit avec des bas-reliefs ou des objets en ronde bosse, en plâtre, et frottés de poudre de zinc. Ces images sont des négatifs, non pas par l'interversion des clairs et des ombres, puisqu'on opère dans l'obscurité, mais par le fait que les reliefs donnent des impressions plus énergiques que les creux. Pour les interpréter il faut donc les intervertir photographiquement : on obtient alors des images positives dans lesquelles l'échelle des reliefs est scrupuleusement respectée, ce qui est loin d'être le cas pour les photographies normales des mêmes objets effectuées avec un éclairage de face. Bien entendu, sur ces images faites à distance, on ne peut espérer restituer les détails les plus minutieux; la précision du rendu des détails sera d'autant moindre que la distance s'accroîtra. La netteté de l'image dépend de la rapidité avec laquelle l'action diminue lorsque l'écart s'accroît entre la surface émissive et l'écran récepteur.

» En effet, d'un point de la surface active abaissons une perpendiculaire sur la plaque réceptrice : le pied de cette perpendiculaire constitue le centre d'un cercle plus énergiquement impressionné dans sa région moyenne que sur ses bords; la netteté de l'image sera d'autant plus grande que la surface du cercle impressionné sera plus faible, et cette surface est fonction inverse de la rapidité avec laquelle les actions décroissent quand la distance augmente. C'est ainsi que les images équivalent à peu près à celles qu'on réaliserait si les actions ne se produisaient que selon les projections orthogonales des différents points de la surface active.

» Chose curieuse, les images, une fois ramenées au positif, donneront fréquemment l'impression d'un éclairage venu d'en haut. Ce sera le cas toutes les fois qu'un plan, tel que celui du front, se présentera de face et constituera en même temps un relief énergique, tandis qu'un plan voisin fuira rapidement, ainsi que le fait la région qui relie l'arcade sourcilière au globe de l'œil : en même temps que ce dernier plan fuira, il paraîtra s'enfoncer dans une ombre épaisse.

» Le caractère vraiment spécifique des images négatives qui proviennent des actions à distance réside dans le fondu des contours. La limite de la partie visible résulte, pour l'œil, du reploiement de la surface. Si ce reploiement a lieu à une faible distance du plan récepteur, le contour est encore marqué, quoique vaguement; mais, si ce reploiement ne se produit qu'à une distance supérieure à celle à laquelle les vapeurs agissent, il n'en est tenu aucun compte dans l'image, qui s'atténue progressivement sur ses bords, jusqu'à arriver insensiblement à la disparition complète.

» Pratiquement, malgré le flou des détails et le fondu des contours, les images par vapeur sont bien loin de constituer de simples voiles; si l'objet présente de forts reliefs, l'image est énergique et accentuée : il semble simplement qu'on voie l'objet derrière une gaze transparente, ou encore que cet objet émerge à demi d'un brouillard.

» Nous avons aussi réalisé des images négatives en faisant agir des vapeurs ammoniacales sur des linges imprégnés d'une mixture obtenue en incorporant de la poudre d'aloès à l'huile d'olive : on sait que l'aloès contient un principe qui brunit en s'oxydant sous l'influence des alcalis, en atmosphère humide. Les vapeurs ammoniacales peuvent provenir d'une solution de carbonate d'ammoniaque mouillant, par exemple, une main de plâtre gantée de peau de Suède. On obtient alors une sorte d'*empreinte* de la main, empreinte modelée négativement, dégradée sur ses bords, déformée *par défaut* dans les points où la main aura été trop écartée du linge, *par excès* dans les régions où le linge aura enveloppé la main. La fermentation de l'urée, fermentation qu'on provoque facilement en l'additionnant d'un peu d'urine, provoque la formation du carbonate d'ammoniaque et détermine un brunissement de l'aloès. La fermentation d'une sueur fébrile, riche en urée, conduirait au même résultat, ainsi qu'il est classique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un cas de rupture moléculaire par le brome.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. A. Haller.

« Nous nous étions proposé d'obtenir, par l'action du brome sur le naphtyloldinaphtoxanthène

$$OH - C^{10}H^6 - CH\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^6\\C^{10}H^6\end{matrix}\right\rangle O,$$

l'éther bromhydrique du naphtyloldinaphtoxanthydrol formé d'après

$$OH - C^{10}H^6 - CH\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^6\\C^{10}H^6\end{matrix}\right\rangle O + Br^2$$

$$= OH - C^{10}H^6 - \underset{\substack{|\\Br}}{C}\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^6\\C^{10}H^6\end{matrix}\right\rangle O + HBr.$$

» Nous avons été surpris de reconnaître que le naphtyloldinaphtoxan-

thène, en présence du brome, ne donne pas d'acide bromhydrique, mais fixe l'halogène comme le ferait un corps non saturé.

» En étudiant le produit de la bromuration, nous avons reconnu que, sous l'influence du brome, la molécule trinaphtylméthanique s'était rompue en deux molécules bromées, formées suivant l'équation

$$\underset{(2)}{OH} - C^{10}H^6 - CH\left\langle\begin{matrix} C^{10}H^6 \\ C^{10}H^6 \end{matrix}\right\rangle O + Br^2$$

$$= \underset{(2)}{OH} - C^{10}H^6 - \underset{(1)}{Br} + CH\left\langle\begin{matrix} C^{10}H^6 \\ C^{10}H^6 \end{matrix}\right\rangle O - Br.$$

» L'expérience a été faite en ajoutant $\frac{1}{10}$ de molécule de brome à $\frac{1}{10}$ de molécule de naphtyloldinaphtoxanthène en solution soit dans du bromoforme, soit dans de l'éther acétique à la température du bain-marie et au réfrigérant à reflux. Dès l'addition du brome, il se forme une coloration rouge sang et un dépôt rouge vif; si les dissolvants employés sont purs et exempts d'alcool, on ne voit pas, pendant toute la durée de la réaction, se dégager d'acide bromhydrique. On distille au bain-marie l'éther acétique ou dans le vide, dans le cas du bromoforme, et l'on obtient un résidu mou, rouge vif, qui, traité par les dissolvants, se sépare en deux substances. Les acides chlorhydrique ou bromhydrique chauds séparent une matière huileuse qui vient surnager et dissolvent une autre substance qui, par refroidissement, cristallise en aiguilles rouge doré, identiques à l'hypobromite de dinaphtoxanthoxonium précédemment décrit par nous et obtenu notamment par l'action du brome sur le dinaphtoxanthène. Ces aiguilles, dissoutes dans l'acide acétique chaud, cristallisent par refroidissement en prismes rouges à reflets verts possédant le même point de fusion (218°-220° au bloc Maquenne) et la même réaction sur l'alcool que l'hypobromite de dinaphtoxanthoxonium.

» En effet, ce corps rouge fuchsine, traité par l'alcool bouillant, se décolore en fournissant de l'acide bromhydrique, de l'aldéhyde éthylique et se transforme en dinaphtoxanthène

$$CH\left\langle\begin{matrix} C^{10}H^6 \\ C^{10}H^6 \end{matrix}\right\rangle O - Br + C^2H^6O = HBr + C^2H^4O + CH^2\left\langle\begin{matrix} C^{10}H^6 \\ C^{10}H^6 \end{matrix}\right\rangle O.$$

» Le dinaphtoxanthène a été caractérisé par sa forme cristalline, son point de fusion 201° et son picrate fondant vers 173° en tube étroit.

» La matière huileuse a été entraînée par la vapeur d'eau; par refroidissement il s'est formé des flocons volumineux qui, vus au microscope, sont formés de très longues aiguilles ténues; ce corps possède l'odeur, la forme cristalline et le point de fusion du bromo-1-naphtylol-2,

$$\underset{(1)}{Br} - C^{10}H^6 - \underset{(2)}{OH}.$$

» Si l'on compare les deux équations suivantes : celle de la formation du naphtyloldinaphtoxanthène par l'aldéhyde oxynaphtoïque et le naphtol β

et celle de sa dégradation moléculaire par le brome,

$$OH-C^{10}H^{6}-CHO+2C^{10}H^{7}OH=OH-C^{10}H^{6}-CH\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^{6}\\C^{10}H^{6}\end{matrix}\right\rangle O+2H^{2}O,$$

$$OH-C^{10}H^{6}-CH\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^{6}\\C^{10}H^{6}\end{matrix}\right\rangle O+Br^{2}$$

$$=\underset{(2)}{OH}-C^{10}H^{6}-\underset{(1)}{Br}+CH\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^{6}\\\hline C^{10}H^{6}\end{matrix}\right\rangle O-Br,$$

on voit que, par l'action successive de l'aldéhyde oxynaphtoïque sur le napthol β et par celle du brome sur le corps résultant, on est parvenu à substituer un atome de brome au groupement fonctionnel aldéhydique. Cette réaction nouvelle de remplacement d'un groupe (CHO) par un atome d'halogène vérifie encore la formule de constitution de l'aldéhyde oxynaphtoïque. Le bromonaphtol obtenu étant le bromo-1-naphtylol-2, l'aldéhyde oxynaphtoïque est bien le méthanal-1-naphtylol-2. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la dialdéhyde fumarique.* Note de M. R. **Marquis**, présentée par M. Moissan.

« L'acétine de l'aldéhyde nitrosuccinique, décrite dans une Note précédente [1], est décomposée par l'eau chaude, vers 80°, en acide acétique, acide azoteux et en un produit de nature aldéhydique qui reste dissous dans l'eau.

» J'ai préparé quelques dérivés de ce produit, en particulier sa phénylhydrazone, son oxime et le dérivé benzoylé de celle-ci, qui m'ont permis de le caractériser comme une dialdéhyde.

» La *phénylhydrazone* s'obtient très simplement en ajoutant de la phénylhydrazine, non en excès, à la solution aqueuse de l'aldéhyde; elle se précipite en flocons jaunes qu'on purifie par cristallisation dans l'alcool ou dans le benzène bouillants. Cette hydrazone cristallise de l'alcool en belles paillettes dorées fondant à 236°-237° en se décomposant, fort peu solubles dans les dissolvants usuels. Elle est peu stable et se décompose en partie par une ébullition prolongée de ses solutions; cette circonstance ne m'a pas permis de déterminer son poids moléculaire. Les résultats de l'analyse concordent bien avec la formule $C^{16}H^{16}Az^{4}$ ou $C^{4}H^{4}(=Az-AzHC^{6}H^{5})^{2}$.

» Cette hydrazone est identique à celle obtenue en traitant l'acétine de l'aldéhyde nitrosuccinique par la phénylhydrazine; il est évident que, dans ce dernier cas, la phénylhydrazine a enlevé les éléments de l'acide azoteux.

---

(1) Ce Volume, p. 776.

» L'*oxime* se prépare avec beaucoup de difficultés et avec un très mauvais rendement si l'on opère sur la solution aqueuse résultant de la décomposition par l'eau de l'acétine nitrosuccinique; il est plus avantageux de partir de cette acétine elle-même, sur laquelle l'hydroxylamine agit, comme la phénylhydrazine, en enlevant AzO^2H.

» L'acétine de l'aldéhyde nitrosuccinique est additionnée d'un excès d'une solution d'hydroxylamine dans l'alcool méthylique absolu; le liquide est soumis à l'ébullition pendant 1 heure, puis l'alcool est distillé totalement, dans le vide, à 30° environ. Le résidu solide, lavé avec un peu d'éther, puis avec un peu d'eau froide, est constitué par l'oxime sensiblement pure. On peut l'obtenir complètement pure en la dissolvant dans l'acétone, traitant la solution au noir animal et l'abandonnant à l'évaporation spontanée.

» L'oxime se dépose en poudre cristalline blanche; elle ne présente pas de point de fusion, mais se décompose nettement et instantanément quand on la projette sur le bloc Maquenne chauffé à 220°. Elle est fort peu soluble dans les différents dissolvants, sauf, toutefois, la pyridine, et présente ce caractère particulier que, bien qu'elle exige pour sa dissolution un grand volume de dissolvant (d'acétone, par exemple), ses solutions doivent être fortement concentrées avant de déposer des cristaux.

» Il semble, d'après cela, que l'oxime cristallisée est un polymère qui se dissocie en solution.

» Traitée par une solution aqueuse chaude de phénylhydrazine, elle donne naissance à l'hydrazone précédente.

» Il ne m'a pas été possible de déterminer le poids moléculaire de l'oxime; les résultats de l'analyse s'accordent parfaitement avec la formule $C^4H^6Az^2O^2$ ou $C^4H^4(=AzOH)^2$.

» Le *dérivé benzoylé* de l'oxime précédente s'obtient facilement en additionnant la solution, refroidie à 0°, de 1^{mol} de celle-ci dans un excès de pyridine, de 2^{mol} de chlorure de benzoyle. On précipite par l'eau et l'on cristallise dans le benzène bouillant. Il se dépose par refroidissement des paillettes nacrées fondant à 165° en se décomposant; les eaux mères abandonnent par évaporation des cristaux d'un second produit non encore étudié.

» L'analyse de ce dérivé benzoylé conduit à la formule $C^4H^4(=AzOCOC^6H^5)^2$ que j'ai pu confirmer par la détermination du poids moléculaire, effectué par ébullioscopie en solution chloroformique (trouvé 312, théorie 322).

» En ce qui concerne la constitution des composés décrits ci-dessus, si l'on considère les résultats analytiques, le poids moléculaire et la réaction génératrice, on doit les regarder comme des dérivés de la *dialdéhyde fumarique*, celle-ci ayant pris naissance, à partir de l'acétine de l'aldéhyde nitrosuccinique, d'après l'équation suivante :

$$\begin{array}{l} AzO^2-CH-CHO \\ \quad\quad\;| \\ \quad\quad CH=CHOCOCH^3 \end{array} + H^2O = CH^3CO^2H + AzO^2H + \begin{array}{l} CH-CHO \\ \| \\ CH-CHO \end{array}.$$

» Je suis occupé à fournir la preuve directe de cette constitution, par l'obtention d'un composé connu.

» Tous les essais que j'ai tentés pour isoler la dialdéhyde de sa solution

aqueuse sont restés vains. Elle paraît être fort soluble dans l'eau et distillable avec elle; ses solutions se décomposent peu à peu par des distillations répétées.

» L'oxydation, essayée de bien des manières, n'a donné aucun résultat, la molécule étant complètement détruite; l'oxyde d'argent en solution alcaline a donné, cependant, une faible trace d'un acide, dont le point de fusion s'est trouvé voisin de celui de l'acide malique; j'en ai eu trop peu pour pouvoir l'identifier.

» J'ajouterai, en terminant, que l'oxydation de l'acétine nitrosuccinique, essayée aussi de diverses façons, n'a donné lieu qu'à une destruction totale de la molécule. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transformation du pain tendre en pain rassis.* Note de M. L. **Lindet**, présentée par M. Duclaux.

« A partir du moment ou il sort du four, le pain subit une série de transformations successives qui l'amènent à l'état de pain rassis. Son arome se modifie, il devient quelquefois plus acide, sa croûte cesse d'être cassante, prend de la ténacité et de la souplesse; sa mie, qui était grasse, collante, élastique, se désagrège et s'émiette.

» M. Boutroux [1] a annoncé le premier qu'il se fait, pendant le refroidissement, un échange d'eau de la mie vers la croûte. On peut aisément expliquer la mollesse de celle-ci par l'absorption d'eau qu'elle subit; mais la transformation de la mie, devenue facile à émietter, ne peut résulter d'un changement d'hydratation qui est toujours très faible, ainsi que l'ont constaté Boussingault [2] et M. Balland [3].

» M. Boutroux [4] a donné à l'amylodextrine un rôle prépondérant dans les phénomènes qui provoquent la désagrégation de la mie; pour lui, sous l'influence des diastases du grain et de la chaleur du four, il se forme de l'amylodextrine ou amidon soluble, en solution sursaturée. Au moment du refroidissement, celle-ci se dépose sous forme insoluble. Les chiffres que j'ai obtenus vérifient pleinement les observations de M. Boutroux; mais ce

---

(1) Boutroux, *Le pain et la panification*, p. 252.

(2) Boussingault, *Agronomie, Chimie agricole, Physiologie*, t. V, p. 416.

(3) Balland, *Revue de l'Intendance*, septembre-octobre 1892.

(4) Boutroux, *loc. cit.*, p. 259.

phénomène n'est pas isolé et la rétrogradation de l'amylodextrine n'est qu'une partie du travail intérieur auquel le pain est soumis.

» A côté de l'amylodextrine, il y a lieu de considérer en effet l'empois, insoluble dans l'eau; celui-ci se présente dans des états de gélatinisation plus ou moins avancés. Quand on cherche en effet à doser l'amidon par la pepsine chlorhydrique ($1^{cm^3},5$ HCl pour 100) (¹), on constate qu'une partie de l'empois, la plus gélatinisée, se dissout dans cet acide faible, en sorte que la quantité d'amidon non dissous par rapport à l'amidon total peut mesurer le degré de gélatinisation de l'empois.

» En outre, il convient de considérer que le grain d'amidon mis en empois absorbe, en présence d'un excès de liquide, une quantité d'eau qui est en rapport avec son degré d'éclatement et de perméabilité.

» Pour connaître ce facteur, j'ai imaginé de recueillir dans une éprouvette graduée, avant de le saccharifier, l'amidon, isolé par la pepsine; de mesurer le volume du dépôt, au bout d'un temps déterminé (24 heures). Le dosage par saccharification permet alors de calculer le volume occupé par 1^{gr} d'amidon; ce volume doit être divisé par celui qu'occupe 1^{gr} d'amidon cru, pris dans les mêmes conditions. Le chiffre ainsi obtenu, que j'appellerai *coefficient d'absorption*, représente ce que le grain d'empois peut absorber d'eau.

» J'ai suivi par l'analyse les transformations qui ont lieu pendant le temps que met le pain à prendre les caractères du pain rassis. Les chiffres sont consignés dans le Tableau ci-dessous :

			Eau.	Dextrines pour 100 du pain sec.	Amidon insoluble dans HCl faible, pour 100 de l'amidon total.	Coefficient d'absorption d'eau.
Croûte...		1 heure après sortie du four.	11,4	17,0	101,4	4,6
		8 heures » »	15,9	17,2	97,5	4,6
		24 » » »	19,3	17,6	100,4	4,5
		48 » » »	19,9	non dosées	98,5	4,1
Mie.	I.	1 » » »	46,1	11,1	77,4	6,7
		5 » » »	45,6	non dosées	non dosé	5,8
		8 » » »	45,4	7,3	91,0	4,4
		24 » » »	45,3	2,3	91,8	3,2
		48 » » »	44,9	2,0	92,6	3,5
	II.	8 » » »	44,9	6,9	86,7	3,9
		36 » » »	44,5	3,6	89,2	2,8
		60 » » »	42,8	3,1	89,5	2,8
	III.	8 » » »	45,0	5,4	89,1	4,2
		100 » » »	41,3	2,4	89,2	2,9

(¹) LINDET, *Soc. chim.*, 1896, p. 1163 et 1901, p. 1055.

» Les résultats obtenus diffèrent nettement suivant que l'on considère la croûte ou la mie. La composition de la croûte, si on laisse de côté son hydratation, reste invariable. La quantité de dextrines est plus considérable que dans la mie; mais aucune portion de ces dextrines ne rétrograde. L'amidon est éclaté; il est capable d'absorber quatre fois au moins son volume d'eau, aussi bien au sortir du four que 48 heures après, mais il n'est pas muqueux; il ne se dissout pas partiellement dans l'acide faible, puisque l'amidon recueilli représente la totalité de l'amidon existant.

» C'est la mie au contraire qui est le siège de toutes les transformations. Le poids des dextrines solubles atteint plus de 10 pour 100 du pain sec, au moment où le pain sort du four. Ce poids diminue progressivement avec le repos jusqu'à ce qu'il ne représente plus que 2 pour 100. Il est évident que le produit qui rétrograde ainsi est de l'amylodextrine, la dextrine proprement dite ne pouvant s'insolubiliser dans ces conditions. L'amidon que l'acide faible dissolvait, au début, dans les proportions de 20 à 25 pour 100, cesse rapidement de s'y dissoudre en prenant un état moins muqueux. Enfin, on voit le grain d'amidon empesé, susceptible d'absorber une quantité d'eau de plus en plus faible. Il en retient plus de six fois son volume, quand le pain est chaud; quand il devient rassis, il en absorbe deux fois moins; l'amidon s'est donc contracté et raccorni avec le temps, puisqu'il est devenu moins perméable.

» De ces considérations on peut déduire que la tendance de la mie à l'émiettement résulte de ce que, au moment de la cuisson, les folioles des grains d'amidon éclaté s'enchevêtrent et forment une masse dont l'onctuosité et la ténacité disparaissent, dès que l'amylodextrine a rétrogradé, que l'empois est devenu moins muqueux, que le grain s'est raccorni, et que la masse contractée présente des fissures, des solutions de continuité. L'action, rapide au moment du refroidissement, se continue plus lentement, devient presque nulle après 24 heures. Quand, en réchauffant le pain rassis, on lui fait reprendre l'aspect du pain tendre, c'est que, comme l'a dit M. Boutroux, on reforme de l'amidon soluble; en outre on redonne à l'empois l'ampleur de développement qu'il avait perdu.

» D'autres que moi sauront tirer de ces renseignements des conséquences intéressant l'alimentation. Sans entrer dans le domaine de la Physiologie, je ferai remarquer que l'amidon, dans la mie, n'est hydraté que de son volume d'eau et qu'en cet état il peut être digéré. Quand la mie est tendre, l'amidon y est en partie soluble, en tout cas dans un état muqueux favorable à l'assimilation; mais, sous peine de la sentir gonfler dans l'estomac, celui qui la consomme doit boire peu. Les grands mangeurs de pain, qui boivent largement à leurs repas, les campagnards, s'adressent en général au pain rassis, qui absorbe moins d'eau. La croûte renferme plus de dextrines solubles que la mie; son coefficient d'absorption est assez élevé, et il est constant. Pour un même coefficient, elle gonfle plus que la mie, puisqu'en l'état où on la consomme elle est moins hydratée. »

ZOOLOGIE. — *Sur les* Fecampia *Giard, Turbellariés endoparasites.* Note de MM. **M. Caullery** et **F. Mesnil**, présentée par M. Alfred Giard.

« M. Giard a découvert à Fécamp (Seine-Inférieure) et décrit (*Comptes rendus,* t. CIII, p. 499; 1886) sous le nom de *Fecampia erythrocephala* un curieux Rhabdocèle marin, à corps cylindrique et à section circulaire, qui, pendant toute la période de croissance, est parasite interne de Crustacés décapodes (*Carcinus mœnas, Platycarcinus pagurus, Pagurus bernhardus*); lors de sa reproduction, il sort de l'hôte, se meut pendant un certain temps à la façon d'un Némertien, puis s'enveloppe, pour pondre, dans un cocon blanc, en forme de larme batavique, fixé à une pierre ou une algue. Nous avons réobservé les cocons de *Fecampia erythrocephala,* il y a quelques années, à Saint-Vaast-la-Hougue et dans l'anse Saint-Martin, près du cap de la Hague. En ce dernier point, en septembre 1901, nous avons non seulement retrouvé la forme parasite dans les petits *Carcinus mœnas,* mais nous avons découvert, dans le thorax d'*Idotea neglecta* G. O. Sars, une nouvelle espèce, à extrémité antérieure jaune orangé et qui, soit à l'état de ver, soit à l'état de cocon, a des dimensions ne dépassant jamais la moitié de celles de l'espèce de Giard; nous l'appelons *F. xanthocephala.*

» Ces deux espèces sont très voisines à tous égards, et tout ce que nous allons dire touchant l'anatomie, l'embryogénie et les particularités du cycle évolutif s'appliquera à l'une aussi bien qu'à l'autre.

» Anatomie des formes endoparasites. — L'étude des matériaux fixés et coupés fournit les résultats suivants, qui complètent et précisent ceux de M. Giard. L'ectoderme cilié est formé par une couche de cellules aplaties. Au-dessous, on remarque un treillage de muscles longitudinaux et annulaires très peu développés. Au-dessous, une masse compacte de mésenchyme. Sur des individus jeunes, il est formé par des cellules paraissant toutes semblables, serrées les unes contre les autres, à noyau et nucléole bien nets, disposées sur plusieurs rangées. Plus tard, ce mésenchyme se différencie en deux régions concentriques : l'externe comprend des cellules glandulaires très élevées, remplies de granules blanchâtres, insolubles dans l'alcool, le xylène, etc. (ce sont elles qui sécréteront le cocon); l'interne est formée de cellules assez volumineuses, bourrées de réserves prenant l'éosine; dans beaucoup d'entre elles, le noyau paraît se diviser activement, probablement en vue d'une multiplication rapide des cellules. Nous verrons plus loin que ces cellules représentent le *vitellogène.* Enfin, dans l'axe de l'individu, s'étend, tout du long, une cavité centrale close qui va en se rétrécissant au fur et à mesure du développement du mésenchyme. Sur des individus jeunes, elle est bordée par un épithélium net à grandes cellules vacuolaires; plus tard, il n'existe plus qu'à l'état rudimentaire.

» A l'extrémité antérieure, on distingue, inclus dans le mésenchyme, en avant de la cavité axiale, les ganglions cérébroïdes, d'où partent quelques minces filets nerveux. Vers l'extrémité postérieure, se trouvent les glandes génitales (*testicule + germigène*). Sur de jeunes individus, les cellules génitales se distinguent assez aisément du mésenchyme environnant, à leurs noyaux plus volumineux et montrant le plus souvent un abondant peloton lâche de chromatine. Ces cellules forment, de chaque côté, *deux* bandes longitudinales s'étendant sur le tiers postérieur environ. A leurs dépens se forme, de chaque côté, *une* glande hermaphrodite, où ovules et spermatozoïdes sont côte à côte, sans différenciation d'acini ni de glandes secondaires. A l'extrémité postérieure de l'animal s'ouvre, au dehors, un orifice conduisant dans une vésicule impaire d'où partent deux canaux qui aboutissent aux extrémités des glandes génitales. C'est par là que celles-ci doivent se vider au dehors.

» Si l'on compare cette organisation à celle des autres Turbellariés, même parasites, on notera une régression plus considérable que partout ailleurs : absence d'appareil digestif fonctionnel (ni bouche, ni pharynx) et d'appareil excréteur; glandes génitales et voies efférentes réduites à leur simplicité maximum. *Fecampia* est donc *le plus dégradé des Turbellariés connus*.

» Production du cocon et ponte. — Arrivé à l'état adulte, *Fecampia* sort de son hôte et sécrète son cocon, comme l'a bien décrit Giard. Le cocon est formé de couches successives qui sont bien distinctes, surtout dans le goulot (ouvert à son extrémité). Il résulte de la sécrétion des cellules glandulaires sous-ectodermiques qui se vident complètement et dont les noyaux sont ensuite en histolyse manifeste; nous avons même vu leurs débris englobés, et il doit se produire à ce moment une véritable phagocytose. L'animal, une fois le cocon achevé, a une forme ramassée, et sa cavité interne est complètement remplie de cellules à réserves qui se sont peut-être encore multipliées pendant les dernières phases. La ponte commence alors et dure un certain temps, car les embryons sont à des stades très différents les uns des autres. L'animal vidé ne forme plus qu'un débris au milieu de ses embryons.

» Embryogénie. — Le cocon renferme un certain nombre de corps entourés chacun d'une coque très mince; dans chacun d'eux, se trouve une masse moruliforme constituée par un nombre assez constant de cellules à réserves, au milieu desquelles il y a toujours *deux* petits œufs à protoplasme peu abondant. Il est probable que, lors de la ponte, il arrive simultanément un ovule de chacun des deux ovaires, et qu'ainsi se fait cette association régulière. Les ovules fécondés se segmentent et forment d'abord deux petits amas cellulaires dans la profondeur de la masse vitellogène; celle-ci se partage alors en deux moitiés correspondant aux deux embryons. Plus tard, les cellules constituant chaque embryon circonscrivent plus ou moins complètement un espace central qui va grandissant, et, enfin, les tissus embryonnaires arrivent à être périphériques. Les cellules vitellogènes sont maintenant internes et ont perdu leur individualité; elles ne forment plus qu'un vitellus interne qui est graduellement résorbé.

» Les tissus embryonnaires prolifèrent davantage à l'extrémité antérieure; les débris

de vitellus s'accumulent dans des cellules épithéliales circonscrivant une cavité interne dans la moitié postérieure et représentant l'intestin.

» En même temps, l'embryon s'est allongé et couvert de cils. Dans chaque coque, on trouve deux larves jumelles mobiles, qui finalement la brisent et sortent du cocon. Ce sont alors de petites planaires mesurant 220^{μ} environ de long sur 75^{μ} de large.

» Leur anatomie est plus compliquée que celle des stades parasites et rappelle celle des *Vortex*. On distingue antérieurement deux taches pigmentées, non loin du cerveau. Il y a alors un tube digestif droit s'ouvrant à l'extrémité antérieure, avec une ébauche de pharynx et une cavité postérieure tapissée par de grosses cellules contenant les restes du vitellus.

» En somme, cette embryogénie est, dans ses grands traits, comparable à celles qu'ont décrites Metchnikoff, Hallez, Jijima, etc., chez divers Triclades et Rhabdocèles.

» Les larves écloses doivent vivre quelque temps librement, à la recherche de l'hôte. Après la pénétration dans celui-ci, il y a en particulier régression des taches oculaires, de la bouche et du pharynx et prolifération active du mésenchyme; la cavité digestive postérieure devient la cavité axiale du parasite.

» Nous comptons publier sous peu une étude détaillée de ce type si curieusement modifié par son parasitisme dans son anatomie et dans son cycle évolutif. »

ZOOLOGIE. — *Sur un type nouveau de Rhizocéphale, parasite des* Alpheidæ. Note de M. **H. Coutière**, présentée par M. Alfred Giard.

» Les Rhizocéphales actuellement connus sont d'ordinaire solitaires sur l'hôte qu'ils infestent. Dans les exceptions à cette règle (par exemple *Peltogaster sulcatus* sur *Pagurus cuanensis*) on remarque au plus une dizaine de parasites fixés côte à côte.

» J'ai rencontré sur trois espèces du genre *Alpheus* (collections du Muséum) un type nouveau de Rhizocéphale, remarquable en ce sens que chacun des hôtes porte sous l'abdomen jusqu'à cent parasites et plus, simulant une ponte par le volume et l'aspect.

» Les trois espèces infestées sont : 1° *A. Edwardsi* Audouin (1 exemplaire ♀, Thursday Island, M. Lix, 1890), dont les pleurons abdominaux sont notablement réduits (castration parasitaire); 2° *A. macrochirus* Richters (1 exemplaire ♂, baie de Fernando Veloso, M. Heurtel, 1887); 3° *A. avarus* Miers, Fabr. (?) (1 exemplaire ♂, Ormont Reef, dt de Torrès,

Prof. Haddon, 1888). Ces exemplaires portent respectivement 70, 120, 90 parasites environ.

» Ce sont de petits sacs ovoïdes, complètement clos, fixés par un pédicule court sur les quatre premiers pléosternites, qui se montrent soulevés en un large bourrelet transversal [1]. Un léger anneau chitineux borde chaque insertion. Les parasites que porte *A. avarus*, plus jeunes, et de plus très inégalement développés, ont au minimum $1^{mm},5$ de longueur sur $0^{mm},5$ de large; les plus grands, portés par *A. macrochirus*, ont au plus $4^{mm},5$ de longueur sur 1^{mm} de largeur.

» Les coupes longitudinales en série montrent avec la plus grande netteté deux caractères essentiels des Rhizocéphales : 1° Un « manteau » à double paroi, dans lequel est suspendue une « masse viscérale », et qui porte une ouverture cloacale. Dans le cas présent, cette ouverture est obturée par la paroi externe du manteau, comme dans les genres *Clistosaccus, Sylon, Thompsonia* et les Sacculines jeunes, elle se trouve sans doute libérée par une mue pour la sortie des embryons.

» 2° Un système de « racines » plongeant dans le corps de l'hôte. Mais celles-ci sont bien différentes de ce que l'on remarque chez *Sacculina carcini*, par exemple; elles sont même plus réduites que dans le genre *Sylon*, où Hoeck les a décrites. Ces racines occupent uniquement le bourrelet transversal du pléosternite dont elles ont vraisemblablement provoqué la formation anomale; on n'en trouve nulle trace autour de l'intestin ni entre les muscles. Elles envahissent, par contre, les lames concentriques du névrilème externe, très épaissi chez *A. Edwarsi* et *A. avarus*. Elles ont un diamètre de 25^{μ} à 30^{μ} et se montrent ramifiées et contournées en tous sens.

» Le pédicule à paroi épaissie de chaque parasite vient se mouler dans une dépression hémisphérique de la cuticule de l'hôte. Au fond de la dépression, la cuticule présente une perforation étroite, dont le diamètre est encore rétréci par un manchon chitineux, extrémité du pédicule, qui vient se sertir sur les bords amincis de l'ouverture. Dans celle-ci, dont le diamètre n'est guère supérieur à 20^{μ}, on voit distinctement s'engager une partie conique, striée longitudinalement et paraissant creusée d'un fin canal, mais la fixation imparfaite et la longue macération en alcool affaibli des spécimens ne m'a pas permis jusqu'à présent de voir en place la connexion délicate de ce cône de pénétration avec le système radiculaire.

» Le nouveau Rhizocéphale, pour lequel je propose le nom de *Thylacoplethus*, se rapproche par sa forme de *Thompsonia globosa* Kossmann. Mais il doit en être séparé génériquement, même avant toute comparaison de la structure interne; *Thompsonia* a été trouvée fixée sur les pattes d'un Crabe (*Melia tessellata* Latr., provenant des Philippines), c'est-à-dire sur un Crustacé très éloigné des Alphées dans la systématique, et d'autre part, *Thy-*

---

(1) Spence Bate (*Challenger*, vol. XXIV, p. 566, *Pl. CI*) a signalé et figuré un parasite certainement très voisin, dont les 30 exemplaires environ (?) étaient fixés, non sur les sternites, mais sur la base des pléopodes d'*A. malleodigitus* Bate, provenant de Fidji.

lacoplethus offre le premier exemple d'un Rhizocéphale aussi complètement grégaire.

» La faible extension des racines, leur localisation dans des bourrelets saillants, dus à l'irritation causée par les parasites, le grand nombre de ceux-ci, leur fixation dans une cupule déprimée de dehors en dedans, la présence de parasites adultes très voisins sur les pléopodes d'*A. malleodigitus,* ou de *Thompsonia* sur les pattes d'un Crabe, là où s'effectuerait surtout l'inoculation des larves de Sacculine au stade kentrogone : tous ces faits montrent que, chez *Thylacoplethus* au moins, l'infestation de l'hôte doit se faire par fixation directe des larves à leur place définitive, sans l'inoculation ni le stade de parasite interne qui paraissent caractériser l'évolution de *Sacculina carcini* Thompson. »

TÉRATOLOGIE. — *Actions pathogènes et actions tératogènes.* Note de M. **Étienne Rabaud,** présentée par M. Alfred Giard.

« Les rapports de la Pathologie et de la Tératologie ont été et sont envisagés par le plus grand nombre des auteurs d'une façon très simple, en assimilant les états pathologiques et les états tératologiques. Cette conception ne répond pas aux faits; elle repose, semble-t-il, sur une double confusion :

» Les productions anormales étant parfois déterminées par des influences dont l'action sur l'organisme adulte est une action pathogène, on admet implicitement que cette action pathogène est une propriété inhérente aux influences considérées, qu'elles ne peuvent produire autre chose que des états morbides.

» En outre, l'examen des tissus de monstres nouveau-nés ayant parfois révélé une altération plus ou moins accusée, on considère que l'altération pathologique constitue l'essence même de l'anomalie.

» La question doit être envisagée tout autrement.

» Sans doute, certaines malformations congénitales résultent d'une altération pathologique, c'est-à-dire d'une destruction de tissus préexistants, mais de pareilles malformations, telle la pseudencéphalie, appartiennent exclusivement au domaine de la Pathologie; l'épithète de *congénitales,* qui leur est appliquée, n'a d'autre résultat que d'établir une fausse analogie.

» Les anomalies ou monstruosités proprement dites n'ont, en principe,

rien de commun avec une modification morbide quelconque. Elles sont essentiellement caractérisées par l'intégrité des éléments de leurs tissus et par une histogénèse normale, quant à sa forme tout au moins, soit qu'il s'agisse d'un processus primitif ou d'un processus consécutif (¹).

» D'une façon générale, toutes les variations possibles du milieu peuvent déterminer des anomalies; ces variations seront aussi bien d'ordre infectieux ou toxique. Le résultat de l'action de ces facteurs ne dépend pas seulement de leur nature, mais aussi des diverses conditions dans lesquelles ils interviennent, en particulier de leur intensité, et de la nature des objets soumis à leur influence. Ce résultat pourra être, suivant le cas, un état tératologique ou un état pathologique. Dans l'une ou l'autre occurrence, le mode d'action est très différent; l'agent considéré n'intéresse pas les mêmes éléments protoplasmiques ou cellulaires et il ne les intéresse pas de la même façon.

» Tératogène, l'agent provoque une modification des échanges telle que la substance vivante ne perd aucune de ses qualités fondamentales, l'action se traduit simplement par une répartition nouvelle des différentiations histologiques, par une variation dans la rapidité de la croissance dans telle ou telle région.

» Pathogène, l'agent détermine des destructions, tout au moins une tendance à la destruction totale ou partielle des éléments du protoplasma, ou bien il détermine la transformation de ces éléments en substances inertes. Les échanges vitaux ne s'accomplissent plus, ou s'accomplissent incomplètement.

» Les données expérimentales nous fournissent à cet égard des renseignements assez précis.

» Nous savons, en effet, qu'entre certaines limites une influence anormale détermine un monstre, qu'en deçà elle ne produit rien en apparence, qu'au delà elle ralentit le développement dans une large mesure et l'arrête même tout à fait, entraînant la mort et la destruction de l'embryon.

» Il est donc à penser que la modification des échanges se fait d'une façon progressive, qu'elle porte successivement sur des parties différentes du protoplasma, soit dans un même tissu, soit dans des tissus distincts.

» A son degré le plus faible d'intensité, l'agent ne détermine pas une

---

(¹) Voir ma précédente Communication : *Caractères généraux des processus tératogènes; processus primitifs et processus consécutifs* (*Comptes rendus*, 6 mai 1901).

variation marquée; la variation est trop faible, dans tous les cas, pour provoquer une modification appréciable de l'histogénèse. Il existe néanmoins une ébauche de modification portant sur des éléments déterminés de protoplasma.

» Cette modification occulte reste telle pour une série d'intensités successives, la constitution chimique des parties intéressées incline dans un sens donné, elle s'accentue graduellement dans le même sens à mesure que l'intensité augmente, et il suffira dès lors d'un faible degré en plus pour que la transformation devienne nettement apparente.

» Les résultats expérimentaux nous apprennent qu'il y a plusieurs valeurs de l'intensité capables d'imprimer à l'histogénèse de certains éléments une direction donnée. A chacune de ces valeurs correspondent évidemment des variations dans les échanges. Sans doute, l'agent conserve son mode d'action spécial, les modifications tératologiques s'accentuent.

» Mais il vient un moment où l'intensité atteignant une valeur élevée, l'agent provoque d'autres modifications, arrête les échanges en tout ou en partie, détermine des phénomènes de coagulation, qui aboutissent à la désintégration du protoplasma. Ce résultat peut être obtenu par plusieurs moyens sur lesquels nous reviendrons ultérieurement.

» Quoi qu'il en soit, le même facteur met en jeu sucessivement une *action primaire* ou *tératogène*, et une *action secondaire* ou *pathogène*. L'une et l'autre peuvent évoluer de concert durant un certain temps. A la limite l'action secondaire masquera l'action primaire.

» Il importe de distinguer nettement ces deux actions; elles diffèrent non seulement par leurs résultats, mais aussi par leurs moyens. L'action primaire produit les tissus viables et sains, capables d'évoluer jusqu'au bout; l'action secondaire altère les tissus et prépare leur destruction. Aux confins de l'une et de l'autre, ces actions s'entremêlent : le tissu tératologique prend l'aspect d'un tissu malade.

» Pour chaque facteur considéré en particulier, la valeur des intensités tératogène et pathogène est infiniment variable. Il est des facteurs qui ne provoquent un état morbide qu'à une intensité extrêmement élevée. Il en est d'autres qui sont uniquement ou presque uniquement pathogènes. Ceux-ci déterminent des maladies, qui n'ont avec les monstruosités d'autre lien commun que d'être, comme elles, congénitales. »

ZOOLOGIE. — *Nouveaux essais de parthénogénèse expérimentale chez les Amphibiens.* Note de **M. E. Bataillon**, présentée par M. Y. Delage.

« Depuis que j'ai relevé, dans les faits de parthénogénèse expérimentale, le principe de la pression osmotique et de la déshydratation ([1]), principe adopté ensuite par Lœb lui-même pour sa belle découverte chez les Echinodermes ([2]), mes opérations sur *Rana esculenta* ont été reprises par Mme Rondeau-Luzeau ([3]) et Henneguy ([4]) sur *Rana fusca.*

» Partant des titres que j'avais indiqués ces deux auteurs ont obtenu la segmentation des œufs vierges. Certaines irrégularités dans les résultats ne m'ont point surpris : je m'assurais à la même époque que le matériel en question est plus réfractaire que celui que j'avais utilisé primitivement ([5]).

» Une question plus grave se posait. Henneguy ne trouvait pas de noyau dans les œufs divisés : tout au plus apercevait-il des vésicules claires sans chromosomes avec une radiation protoplasmique. Pour lui, il ne s'agirait pas d'une véritable segmentation, mais d'un processus de fractionnement dont il se propose d'étudier le mécanisme.

» Il était curieux que j'eusse formulé une interprétation physique acceptable et acceptée de la parthénogénèse artificielle, en tablant sur des faits d'un autre ordre. Voici ce qui serait plus curieux encore :

» Guidé par les expériences d'Yves Delage ([6]) sur *Asterias glaciali*, j'ai soumis des œufs de *Rana fusca* à des températures comprises entre 25°

([1]) E. Bataillon, *La segmentation parthénogénétique expérimentale chez les Amphibiens et les Poissons* (*Comptes rendus*, 9 juillet 1900).

([2]) J. Lœb, *Further experiments on artificial parthenogenesis*, etc. (*Americ. Journ. of Phys.*, august 1900).

([3]) Rondeau-Luzeau, *Action des solutions isotoniques de chlorures et de sucre*, etc. (*Soc. Biol.*, 27 avril 1901).

([4]) F. Henneguy, *Essai de parthénogénèse expérimentale sur les œufs de Grenouille* (*Soc. Biol.*, 5 avril 1901).

([5]) E. Bataillon, *Études expérimentales sur l'évolution des Amphibiens*, etc. (*Archiv. für Entwick. Mech.*, 10 septembre 1901).

([6]) Y. Delage, *Études expérimentales sur la maturation cytoplasmique chez les Echinodermes* (*Archives de Zoologie expérimentale*, 3e série, t. IX, p. 285-326).

et 38° pendant des temps variables. Les résultats les meilleurs ont été obtenus avec une exposition de 30 minutes à 35° environ.

» Jamais, même sur *R. esculenta*, je n'avais observé des segmentations aussi régulières ni aussi rapides avec mes solutions. L'expérience a été répétée plus de dix fois et souvent les $\frac{9}{10}$ des œufs pour le moins entraient en mouvement. J'ajoute que le début des phénomènes visibles était beaucoup plus précoce, la segmentation commençant 3 heures 30 minutes ou 4 heures après le retour à la température ordinaire, presque aussi vite que sur les témoins fécondés.

» Je considère que la modification introduite par la température est homogène et largement indépendante du facteur temps, à l'inverse des transports moléculaires, par les solutions plasmolysantes (voir mon Mémoire cité plus haut). Mais il n'est pas prouvé que cette modification soit d'une autre nature. En effet, la segmentation ne va pas très loin si on laisse le matériel dans l'eau pure. Au bout de 24 heures, les sillons s'effacent comme si l'œuf, contracté par le coup de chaleur ou par le retour brusque à une température basse, se réhydratait progressivement. J'ai obtenu des éléments beaucoup plus nombreux et de belles apparences morulaires avec cavité de segmentation, en reportant définitivement mon matériel, le lendemain de l'expérience, dans une solution de sucre à 5 pour 100.

» Quoi qu'il en soit, et ce serait encore une coïncidence bizarre s'il s'agissait de simples phénomènes d'altération, on peut, et avantageusement, substituer ici la chaleur aux solutions plasmolysantes, tout comme pour la parthénogénèse provoquée chez les œufs d'Échinodermes.

» Entraîné en 1900 par de nombreuses expériences, je n'avais pu examiner que superficiellement mes œufs de *R. esculenta* au point de vue cytologique. J'ai signalé seulement, quand les sillons s'effacent, des groupes nucléaires irréguliers en voie d'émiettement, et j'en ai déduit l'existence préalable de mouvement interne.

» Les œufs de *R. fusca* traités par la chaleur montrant, *à la simple dissociation,* une abondance de blastomères centrés, avec des radiations splendides bien accusées par le pigment autour d'une zone centrale claire et limitée, j'ai repris cette étude. Les blastomères séparés renferment souvent un noyau structuré dont la charpente se colore énergiquement par le bleu de méthylène ou l'hématoxyline. Certains fragments, aussi nettement centrés, ne m'ont rien montré dans leur aster pigmentaire et cytoplasmique. Ceci n'a rien de surprenant, si l'on considère certaines régions indivises manifestant encore de l'activité après 48 heures. Là où les noyaux sont

rares, c'est une véritable constellation de cytasters petits. Mais, au contact des noyaux, ces formations ont un champ plus étendu. Leur division dessine de magnifiques fuseaux, des *figures bipolaires ou pluripolaires, avec les étapes du transport chromatique*. D'une pareille masse peuvent se détacher certains blocs nettement centrés, qui ne sont pas des pseudo-blastomères, mais des *cytoblastomères* apparaissant dans les mêmes conditions mécaniques que les cellules nucléées. Car, si la cytodiérèse régulière se conçoit difficilement sans sphérodiérèse, elle peut se produire parfaitement sans karyodiérèse. Les fuseaux karyokinétiques réguliers sont loin d'être abondants; mais j'en ai obtenu de très précis *avec leur plaque équatoriale de chromosomes et leurs radiations* dès la trentième heure.

» Je réserve les mouvements nucléaires initiaux, en apparence plus complexes et sur lesquels je m'expliquerai ailleurs. L'apparition et les mouvements des asters me paraissent seuls primordiaux et essentiels.

» *En résumé :* 1° Les œufs vierges d'Amphibiens sont mis en mouvement par la chaleur comme par les solutions plasmolysantes;

» 2° On peut avantageusement additionner les deux facteurs, ce qui ne prouve pas qu'ils agissent différemment;

» 3° Les œufs montrent dans ces conditions des blastomères nucléés et des cytoblastomères. Dans les zones en pleine activité, il y a des karyokinèses normales ou anormales, des cytasters et des divisions de cytasters (Wilson). J'emploie ce terme de préférence à celui d'astrosphères artificielles (Morgan), parce que, d'accord avec Wilson, je ne vois pas de différence essentielle entre les irradiations de division et les asters cytoplasmiques;

» 4° Si l'équilibre obtenu artificiellement par soustraction est instable, s'il diffère de celui que réalise l'addition spermatique assez pour limiter la différentiation d'une ébauche hétérogène et à évolution lente, l'identité des facteurs mis en jeu et des résultats obtenus ne permet pas de séparer le cas des Amphibiens de celui des Échinodermes;

» 5° Si l'on met à part l'absence de centrosomes limités dans les asters, l'origine et le nombre des chromosomes, les détails cytologiques essentiels concordent avec ceux décrits par Wilson [1] sur les œufs vierges de Toxopneustes. »

---

[1] E.-B. Wilson, *Experimental studies in Cytology*. I : *A cytological study of artificial parthenogenesis*, in *Sea-Urchin Eggs*. (*Arch. f. Entw. Mech.*, 10 septembre 1901).

MINÉRALOGIE. — *Sur la forme primitive des corps cristallisés.* Note de M. **Fréd. Wallerant**, présentée par M. de Lapparent.

« Dans une Note précédente j'ai fait remarquer que la particule complexe des corps cristallisés pouvant toujours être considérée comme une particule cubique déformée, on devait prendre pour forme primitive le parallélépipède ayant pour faces les trois plans qui, dans la particule déformée, représentent les trois plans de symétrie principaux de la particule cubique. Cette définition a le grand avantage de rendre comparables ces formes primitives de tous les corps cristallisés, et ces formes primitives doivent jouir de propriétés communes. Je voudrais indiquer aujourd'hui une de ces propriétés qui n'est pas sans intérêt.

» Habituellement, quand on considère l'action exercée par une particule matérielle sur un point extérieur, on développe les composantes de cette action suivant les puissances croissantes des coordonnées du point extérieur et l'on s'en tient aux termes du premier degré ; on est ainsi naturellement amené à la théorie de l'ellipsoïde.

» Cette première approximation a le grand inconvénient de ne pas permettre la mise en évidence des éléments de symétrie de la particule agissante, inconvénient qui disparaît si l'on pousse le développement jusqu'aux termes du troisième degré. C'est ainsi que les composantes de l'action d'une particule cubique ont pour expression

$$X = x(1 + kx^2 + k'y^2 + k'z^2),$$
$$Y = y(1 + ky^2 + k'z^2 + k'x^2),$$
$$Z = z(1 + kz^2 + k'x^2 + k'y^2).$$

» En général, l'action exercée sur un point n'est pas parallèle au rayon vecteur de ce point. Le parallélisme n'est réalisé que quand le point se trouve sur un axe de symétrie de la particule, c'est-à-dire sur un côté ou sur une diagonale, ou sur une diagonale de l'une des faces d'un certain cube. En outre, pour tout point situé soit dans une face, soit dans un plan diagonal de ce cube, la force se trouve dans le même plan.

» Si la particule est quadratique on rhomboédrique, on constate sans peine qu'il existe un prisme quadratique dans le premier cas, un rhomboèdre dans le second, dont les éléments jouissent des mêmes propriétés que les éléments du cube dans le cas de la particule cubique.

» Mais, dans les autres systèmes, il est nécessaire de préciser le mode de déformation de la particule complexe. Cette déformation peut être considérée comme se décomposant en un mouvement de rotation des particules fondamentales autour de leur centre de gravité et en un déplacement de ces centres de gravité. Or la première déformation ne paraît pas modifier l'action de la particule complexe sur les points extérieurs, puisque dans la boracite et dans le sulfate double d'ammoniaque et de lithine, qui sont biaxes, les réseaux sont respectivement cubiques et rhomboédriques.

» Quant à la seconde déformation, elle est de même nature que celle qu'elle entraîne dans le réseau ; c'est donc une déformation homogène. Cette conclusion se trouve confirmée par la considération des macles obtenues par actions mécaniques; dans la formation de ces macles, en effet, la particule complexe se transforme en réalité en une autre particule complexe en subissant une déformation homogène. Il en résulte que si l'on prend pour axes de coordonnées les directions correspondant après la déformation aux axes quaternaires, les expressions des composantes de l'action d'une particule complexe sur un point extérieur se déduiront immédiatement des expressions données plus haut pour la particule cubique. On constate alors que le parallélépipède résultant de la déformation du cube jouit des mêmes propriétés que lui.

» Par conséquent, dans tous les corps cristallisés, il existe un parallélépipède jouissant des propriétés suivantes : une particule complexe exerce sur un point situé soit sur un côté, soit sur une diagonale, soit sur une diagonale d'une face de ce parallélépipède, une action parallèle au rayon vecteur du point. Pour tout point situé dans une face ou dans un plan diagonal, l'action se trouve dans la même face, dans le même plan diagonal.

» Ce parallélépipède, qui possède la même symétrie que la particule complexe, est la forme primitive du corps cristallisé.

» Ce résultat me permettra d'expliquer, dans une prochaine Note, le mode d'association des cristaux d'espèces différentes. »

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique du Maroc occidental.* Note de M. **A. Brives**, présentée par M. de Lapparent.

« Le Maroc occidental est constitué par deux immenses plateaux étagés, qui s'étendent depuis le littoral atlantique jusqu'au pied de l'Atlas et de la chaîne du Rif. Dans la zone médiane, se trouve une série de tronçons d'un

troisième plateau plus élevé, dont les témoins principaux sont le Zerhoun, le Kafès, l'Oulmès. Cette disposition en plateaux successifs se poursuit jusque dans l'Atlas, dont les crêtes les plus élevées ne sont que des plates-formes limitées par des failles.

» Les voyageurs qui ont parcouru le Maroc ont fourni peu de documents sur la géologie de ces plateaux.

» En 1899, Th. Fischer a donné quelques détails sur la nature des assises qu'il a rencontrées, mais il n'en précise pas l'âge. La même année, J. Thomson s'étend sur la constitution de l'Atlas et donne brièvement quelques indications sur celle des plateaux. Antérieurement, Bleicher, dans un voyage à Meknès, avait recueilli des documents paléontologiques qui lui ont permis de constater la présence du Jurassique dans le Zerhoun; le Tertiaire est décrit avec beaucoup de détails et il est le premier qui ait donné des indications précises sur la géologie de la région comprise entre Larache et Meknès.

» Durant trois mois, de décembre 1901 à mars 1902, j'ai parcouru en divers sens la zone des plateaux; j'ai pu étudier et reconnaître facilement les divisions du Tertiaire, par suite de l'analogie de facies qu'elles présentent avec les terrains de même âge de l'Algérie occidentale.

» Je n'étudierai, dans la présente Note, que les terrains antétertiaires : ils comprennent la série des assises cristallophylliennes, les terrains paléozoïques et les terrains secondaires inférieurs.

» Dans la région comprise entre Rabat et Mazaghan, et suivant une bande nord-sud jusqu'à l'Atlas, les terrains cristallophylliens et paléozoïques constituent le substratum des plateaux; les assises sont fortement plissées, toujours inclinées à l'est avec une orientation constante au nord 20° est. D'une manière générale, elles sont recouvertes par le Pliocène sur le plateau inférieur, par le Miocène sur le supérieur, par l'Éocène et le Jurassique sur le troisième plus élevé dans la zone médiane. Toutes ces couches plus récentes sont en discordance sur les terrains anciens dont les plissements sont antérieurs au Jurassique qui les recouvre horizontalement.

» Les terrains anciens constituaient donc une chaîne aujourd'hui complètement arasée.

» La succession est la suivante :

» 1° Série des *schistes cristallins,* gneiss et micaschistes avec roches granitiques en masses ou en filons, dont les affleurements se retrouvent dans les berges de l'Oum er R'bia, au Jebel Lakhdar, au Jebilet, au Kerkour et dans l'Atlas.

» 2° Schistes et quartzites de Casablanca, identiques à ceux des Traras, du Doui, de la Chiffa, considérés en Algérie comme *siluriens*. Ces schistes affleurent le long d'une bande nord-sud passant par Casablanca, le Jebel Lakhdar, le Jebilet. La résistance des quartzites aux érosions a donné lieu à une série de gour dont les plus remarquables sont la gara d'Ouzern et celle de Chabeurguïa.

» 3° Grès siliceux noirâtres ou de teinte foncée, visibles le long de l'Oued Aouja dans le Jebel Lakhdar et au pied de la gara de Chabeurguïa dans le Jebilet. Ces grès, disposés en bancs réguliers, sont identiques d'aspect avec les grès *dévoniens* du Sahara rapportés par M. Foureau.

» 4° Schistes violacés avec conglomérats quartzeux durs, traversés de roches porphyriques qui forment des dykes énormes (Srours) et qui ailleurs paraissent interstratifiées. Ces assises ont l'aspect des schistes et conglomérats du Doui et du Djebel Kahar qui sont attribués en Algérie au *Permien*.

» Le carbonifère paraît manquer dans la région que j'ai parcourue; Th. Fischer rapporte à cet étage des calcaires qu'il a rencontrés plus à l'ouest.

» Toute cette série de couches manque dans le bassin du Sebou.

» Dans la région ouest, c'est-à-dire dans celle qui est comprise entre Rabat et Mazaghan, existait une chaîne ancienne antéjurassique qui d'une part se prolongeait vers le sud jusqu'au Sous, d'autre part vraisemblablement vers le nord pour se rattacher à la partie ouest de l'Andalousie.

» Les terrains secondaires comprennent le Trias et le Jurassique.

» Le *Trias* est constitué par des gypses, des argiles irisées et des marnes rouges avec gîtes de sel gemme. Il forme une bande dirigée est-ouest qui s'étend depuis le Zalagh jusqu'au Zerhoun où elle disparaît sous le Jurassique. Sur le flanc nord du Terrats des pointements se montrent dans les marnes miocènes. L'analogie avec les pointements gypso-ophitiques du département d'Oran est complète.

» Le *Lias* se montre au Zalagh surmontant les couches triasiques, il est formé de calcaires massifs à rhynchonelles et à ammonites indéterminables, qui plongent fortement au sud et dont l'orientation est dirigée est-ouest. Ces calcaires se retrouvent au confluent de l'oued Akrach (sud de Rabat) et rappellent par leur aspect le Lias du Fillaoucen.

» Le Jurassique est représenté dans le Jebilet par une série puissante de schistes surmontés de calcaires dolomitiques à entroques. Je rapporte ces couches au *Dogger*, d'abord par leur superposition au Lias (oued Akrach), ensuite par l'analogie des dolomies avec le Bathonien de Saïda. Au Zerhoun se montrent également des calcaires et des dolomies que Bleicher rapporte au Jurassique supérieur.

» Le Crétacé, si développé dans la région de Tanger et dans celle de Mogador, paraît avoir été complètement enlevé par les érosions antérieures au Tertiaire dans la zone comprise entre le Sebou et l'Oum er R'bia.

» En résumé, il est important de constater que les terrains primaires et

secondaires se retrouvent ici avec les mêmes caractères et le même facies qu'en Algérie. Dans une Note ultérieure je montrerai qu'il en est de même pour les terrains tertiaires. »

ANTHROPOLOGIE. — *Les récentes découvertes de S. A. S. le Prince de Monaco aux Baoussé-Roussé. Un nouveau type humain fossile.* Note de M. R. **Verneau**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Persuadé que les célèbres grottes des Baoussé-Roussé, près de Menton, n'avaient pas livré tous leurs secrets aux paléontologistes et aux archéologues, S. A. S. le Prince de Monaco a résolu d'en continuer méthodiquement l'exploration, et il a confié la direction des nouvelles fouilles à M. l'abbé de Villeneuve. Les résultats obtenus ont dépassé ce que pouvaient espérer les plus optimistes, et le soin méticuleux avec lequel ont été faites les recherches donne aux documents recueillis une valeur de premier ordre. La riche collection ainsi réunie fera l'objet d'une étude détaillée; mais d'ores et déjà l'Académie voudra bien me permettre de signaler à son attention la découverte d'un nouveau type humain fossile.

» Cette importante trouvaille a été faite dans la grotte la plus rapprochée du territoire français, à 350^m environ de la frontière. M. Rivière l'a appelée la *Grotte des Enfants*, parce qu'il y avait rencontré, en 1874 et en 1875, deux squelettes de jeunes sujets qui sont devenus la propriété de l'Institut catholique de Paris. Mais il n'avait exploré les couches qui remplissaient la caverne que sur une épaisseur de $2^m,70$, et encore n'avait-il pas remué la terre partout. En effet, un squelette entier a été découvert au-dessus d'un foyer, qui ne gisait qu'à $1^m,90$ de profondeur. M. l'abbé de Villeneuve est arrivé à $9^m,80$ avant de rencontrer la roche qui constituait le sol primitif. A $7^m,05$, il a recueilli un autre squelette complet et, à $0^m,70$ plus bas, il trouvait une dernière sépulture qui lui a fourni deux sujets.

» Ce qu'il importe de noter, c'est qu'aucun remaniement n'avait été opéré dans la grotte. Les couches de terre étaient parfaitement en place, séparées les unes des autres par de faibles lignes de cendre ou par des foyers intacts qui s'étalaient sans solution de continuité. Seul, le foyer inférieur, reposant sur la roche, avait été plus ou moins remué par des fauves qui ont laissé des traces indéniables de leur passage.

» La faune n'a pas encore été étudiée. Toutefois, je puis signaler l'exis-

tence de l'Élan, de deux Cerfs, dont l'un de grande taille (*Cervus canadensis*), de Bovidés, d'Équidés, de la *Capra primigenia,* etc. L'animal le plus intéressant est sans contredit la *Hyæna spelæa,* dont les ossements et les coprolithes ont été rencontrés au-dessus des trois squelettes humains qui gisaient entre $6^{m},75$ et $7^{m},75$ de profondeur.

» Quant à l'industrie, elle est bien caractéristique. Tout au fond existaient de grossiers instruments en grès et en calcaire, rarement en silex, offrant le type dit *moustérien.* Au-dessus, depuis 9^{m} jusqu'auprès de la surface, l'industrie est nettement celle de notre âge du renne, quoiqu'on ait recueilli des essais de pointes à cran. Avec M. Cartailhac, qui a assisté à l'extraction des restes humains et qui a consigné ses observations dans un rapport encore inédit, je dirai que les squelettes inférieurs « doivent être » définitivement classés comme paléolithiques. . . Ils sont peut-être, pro- » bablement même, plus anciens que ceux de la Barma Grande (1) et ont dès lors une valeur considérable ».

» Je ne parlerai pas du squelette qui gisait à $1^{m},90$ et je ne dirai que deux mots de celui qui a été recueilli à $7^{m},05$ de profondeur. Le sujet (un homme de $1^{m},90$ environ) avait été allongé sur la couche de cendres, de charbons, d'ossements d'animaux plus ou moins brûlés qui constituaient le septième foyer. Ses pieds avaient été protégés par des pierres, et un gros bloc qui, en s'écroulant, avait écrasé la tête, était sans doute destiné, dans le principe, à abriter cette partie du cadavre. En reconstituant le crâne, je l'ai légèrement raccourci, mais son indice céphalique ne dépasse pas encore 76,26, de sorte qu'on peut affirmer que l'individu était primitivement dolichocéphale. La face est, au contraire, très basse et très développée en largeur. D'ailleurs, par ses caractères céphaliques aussi bien que par les particularités de son squelette, ce géant reproduit tous les traits essentiels de la race de Cro-Magnon.

» Tout autres sont les deux squelettes qui avaient été inhumés dans le huitième foyer. Une petite fosse avait été creusée pour les recevoir et, au niveau des têtes, l'excavation avait entamé toute l'épaisseur du foyer sous-jacent. Une sorte de petit trilithe, composé de deux pierres verticales et d'une pierre horizontale, recouvrait les deux têtes.

» L'un des sujets est une vieille femme, dont le corps est couché à plat ventre et dont les membres sont fortement repliés. Le second est un jeune homme, non encore épiphysé quoiqu'il approche de l'âge adulte. Il est couché sur le dos, légèrement incliné à droite et ses membres, comme ceux de la vieille, sont ramenés le long du corps.

» Ces deux squelettes offrent les mêmes caractères anthropologiques et représentent un type ethnique qui n'avait pas encore été rencontré dans les couches quaternaires.

---

(1) La *Barma Grande* est une grotte des Baoussé-Roussé dont nous avons fait connaître les produits en 1892.

Ils sont de petite taille (la femme mesure $1^m,57$ environ et le jeune homme $1^m,55$) et assez peu robustes. La tête est dysharmonique avec un crâne extrêmement allongé (indice céphalique = 68,58 et 69,27 à peu près) et une face très développée en largeur. Par ce caractère nos deux sujets rappellent le type de Cro-Magnon, dont ils se rapprochent aussi par leurs orbites basses et très larges. Mais le crâne est régulièrement elliptique, sans saillie notable des bosses pariétales, sans méplat pariéto-occipital, sans proéminence de l'inion et sans aplatissement de la base; en outre, il est sensiblement développé dans le sens vertical. Sa forme générale est celle qui deviendra commune à l'époque néolithique et qui est fréquente chez beaucoup de nègres.

» Le plus curieux, c'est que la face est franchement négroïde dans sa partie inférieure : le nez s'élargit un peu chez la vieille, et, chez les deux sujets, le plancher des fosses nasales, au lieu d'être limité en avant par un bord plus ou moins aigu, se termine par une gouttière oblique en avant et en bas. C'est là un caractère essentiellement négritique. Il existe, en outre, un prognathisme sous-nasal énorme, aussi accusé que chez beaucoup de nègres de la Sénégambie ou de la Guinée, et, par suite, un certain retrait du menton. Enfin, je pourrais encore signaler le grand développement relatif des membres supérieurs.

» En somme les deux sujets rencontrés dans la *Grotte des Enfants*, à $7^m,75$ de profondeur, nous prouvent que *parmi nos ancêtres nous devons compter des individus à type négroïde*. Ce type nouveau méritait, à mon sens, d'être signalé à l'attention des savants de l'Académie. Je propose de le désigner sous le nom de *type de Grimaldi*, dénomination qui aura l'avantage de rappeler à la fois la localité où il a été rencontré pour la première fois et le souverain éclairé à qui nous en devons les précieux débris. »

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Recherches sur la production expérimentale de races parasites des plantes chez les Bactéries banales*. Note de M. L. **Lepoutre**, présentée par M. Duclaux.

« Un certain nombre de maladies des plantes cultivées ont été attribuées à des Bactéries, dont la plupart ont été considérées comme spécifiques. Il semble cependant que diverses espèces banales, chez les Bactéries comme chez les Mucédinées, puissent, dans certaines conditions, devenir virulentes et causer de véritables infections dans les cultures.

» Les premières observations faites à l'appui de cette opinion sont dues à M. Émile Laurent [1] qui transforma le *Bacillus coli communis* et le

---

[1] *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XIII, 1899.

B. fluorescens putridus, normalement incapables d'attaquer les plantes, en parasites très actifs de la Pomme de terre, de la Carotte et d'autres espèces tuberculeuses.

» La méthode consiste à diminuer la résistance des tissus végétaux, soit par une nutrition appropriée, soit par l'immersion dans des solutions alcalines, qui neutralisent l'acidité cellulaire et permettent la pénétration des microbes. Des passages successifs sur des tissus végétaux convenables augmentent rapidement la résistance, qui cependant reste stationnaire à partir d'une certaine limite.

» Au cours de ses études, Laurent avait remarqué que la nature des engrais donnés au sol qui avait fourni les tubercules a une réelle influence sur leur résistance à l'invasion parasitaire. Cette propriété s'explique par l'absorption plus ou moins considérable de substances minérales qui pénètrent dans les cellules et influent sur la composition des sucs cellulaires.

» Les recherches actuelles ont été entreprises dans le but de compléter les observations de Laurent sur l'acquisition de la virulence chez les Bactéries banales. Les trois espèces suivantes ont été étudiées :

» *Bacillus fluorescens liquefaciens*, *B. mycoides*, et *B. mesentericus vulgatus*. Toutes trois abondent dans la terre arable et sont fréquentes dans l'air et dans les eaux.

» Les matériaux qui ont servi à ces recherches provenaient d'un champ d'essais divisé en cinq parcelles. Chaque année, l'une de ces parcelles, toujours la même, reçoit une dose excessive d'engrais azotés (P. I), ou d'engrais potassiques (P. II), ou de superphosphate de chaux (P. III), ou de chaux (P. IV), ou de chlorure de sodium (P. V).

» Des rondelles de Carottes récoltées dans ces parcelles ont été inoculées avec des cultures pures des trois bacilles précités et maintenues à l'étuve à 30°. Le *B. fluorescens liquefaciens* s'est bientôt révélé comme le plus actif en formant une épaisse couche glaireuse et noirâtre sur les rondelles inoculées. Celles qui provenaient des parcelles I (avec engrais azotés) et IV (avec chaux) étaient le plus profondément attaquées. Mais des passages successifs sur ces rondelles, puis sur des rondelles de racines récoltées dans les trois autres parcelles, communiquaient aux trois bacilles l'aptitude à vivre en parasites aux dépens des Carottes de tout le champ d'essais. Celles de la P. III (avec superphosphate) étaient les plus résistantes.

» Les microbes, ainsi devenus parasites pour la Carotte, ont été inoculés sur des Navets récoltés dans les cinq parcelles. Tout d'abord, les racines de la P. I, puis de la P. IV furent seules infectées, surtout par le *B. fluorescens liquefaciens.* De nouveaux passages augmentaient la virulence pour le Navet chez les trois bacilles, mais on a constaté encore l'augmentation de résistance due aux phosphates.

» A défaut de tubercules de Pomme de terre récoltés dans le champ d'essais, j'ai employé des tubercules de variétés fourragères cultivées en plein champ et qui étaient coupés en deux. En vain de la pulpe de Carotte et de Navet infectée par les bacilles étudiés a été déposée sur les sections ainsi produites : les tubercules étaient rebelles aux parasites. Mais plongés pendant une heure dans une solution de soude à 1 pour 1000, des fragments de ces tubercules ont été rapidement envahis par ces bacilles, surtout par le *B. fluorescens*. Ici aussi des passages successifs sur des Pommes de terre alcalinisées exaltent la virulence au point que des variétés d'abord tout à fait rebelles finissent par être attaquées.

» Lorsqu'on examine au microscope les pulpes produites par les bacilles sur les divers tubercules, on constate que les lamelles mitoyennes, formées de pectate de chaux, ont disparu ; il y a dissociation des parenchymes et, en même temps, coagulation du protoplasme à l'intérieur des cellules.

» Le mécanisme de ces deux actions a été étudié avec des cultures de *B. fluorescens liquefaciens* faites sur Pomme de terre et Navet. Dans les sucs exprimés et filtrés sur porcelaine, on a retrouvé une diastase qui dissout les corps pectiques et que nous appellerons, avec M. Hauman, *pectinase*. Elle est détruite à 62° comme celle du colibacille étudiée par M. Laurent.

» La substance qui coagule le protoplasme résiste à 100° et m'a paru n'être autre chose qu'un mélange d'acide acétique et d'acide lactique. Au reste, des solutions à 1 pour 100 de ces acides déterminent les mêmes phénomènes de coagulation protoplasmique et ne contrarient nullement l'action de la pectinase.

» Quand on coupe une Pomme de terre inoculée perpendiculairement à l'infection, on peut s'assurer que la pulpe a une réaction alcaline, surtout due à la production d'ammoniaque, tandis que la couche sous-jacente, non désagrégée, mais dont les protoplasmes sont coagulés, est acide. Ce sont les acides sécrétés dans la couche voisine qui diffusent de proche en proche et causent la mort et la contraction des cellules.

» Les acides organiques que produisent les Bactéries sont dus à la destruction des sucres des tubercules. Et ainsi s'explique sans doute l'immunité acquise en mai par des Pommes de terre entrées en végétation et chez lesquelles il y avait eu consommation des sucres par la respiration et la croissance au fur et à mesure de leur production aux dépens des réserves. »

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 1er avril 1902.
(Suite.)

Sept Opuscules par le Dr Giuseppe Curreri, intitulés : *Osservazioni comparative sul plancton pelagico comparente nel porto di Messina. — Sulle cause meccanico-biologiche della formazione degli accumoli di plancton. — Osservazioni sulla struttura dell'ectoderma dei Ctenofori. — Osservazioni sui Ctenofori comparenti nel porto di Messina. — Sulla respirazione di alcuni insetti acquaiuoli. — Sulla formazione del mar dei Sargassi. — Considerazioni intorno alla legge dei Baer.* 7 fasc. in-8°.

The Nautical Almanac and astronomical Ephemeris for the year 1905, *for the meridian of the Royal Observatory at Greenwich,* published by order of the Lords Commissioners of the Admiralty. Edimbourg, s. d.; 1 vol in-8°.

The scientific transactions of the Royal Dublin Society; vol. VII, parts 8-13. Dublin, 1900-1901 ; 6 fasc. in-4°.

The scientific proceedings of the Royal Dublin Society; vol. IX (n. s.), parts 2-4. Dublin, 1900-1901 ; 3 fasc. in-8°.

The economic proceedings of the Royal Dublin Society; vol. I, part 2. Dublin, 1899; 1 fasc. in-8°.

Annales de l'Observatoire national d'Athènes, publiées par Démétrius Eginitis ; t. III. Athènes, 1901 ; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Lœwy.)

Videnskabelige Meddelelser fra den naturhistoriske Forening i Kjobenhavn for aret 1901. Copenhague, 1902 ; 1 vol. in-8°.

Ofversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens förhandlingar : Arg. 59, 1902, nos 1, 2. Stockholm ; 2 fasc. in-8°.

Sammelschrift der matematisch-naturwissenschaftlich-ärztlichen Section der Sevcenko-Gesellschaft der Wissenschaften in Lemberg; Bd. VIII, Heft 1. Lemberg, 1901 ; 1 fasc. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 7 avril 1902.

Les principes de la Mécanique rationnelle, par C. de Freycinet, de l'Institut. Paris, Gauthier-Villars, 1902; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Observations météorologiques de Victor et Camille Chandon, de Montdidier (1783-1869), par H. Duchaussoy. Amiens, Piteux frères, 1902. (Présenté par M. Mascart, hommage de l'auteur.)

Aide-mémoire du mineur et du prosecteur, par Paul-F. Chalon; nouvelle édition entièrement refondue. Paris, Ch. Béranger, 1902; 1 vol. in-16.

La métallurgie du cuivre par voie humide et la cémentation, par Paul Chalon. (Extr. de la *Revue universelle des Mines*, t. LVII, 8e série, p. 200, 46e année, 1902.) 1 fasc. in-8°.

Les Fierabras, médecins rouennais et alençonnais au XVIe *et au* XVIIe *siècles,* lettre ouverte à M. Tony Genty, par Louis Duval. Alençon, A. Herpin, 1901 ; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Un amphithéâtre de dissection à Alençon en 1660, par Louis Duval. Paris, Bibliothèque historique de la France médicale, 1902. (Hommage de l'auteur.)

De la contamination par les vieux papiers, par Georges Hyvert. Carcassonne, impr. G. Servière, 1902; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

La clinique générale de Chirurgie, Bulletin mensuel des travaux de la Clinique et revue des Sciences médicales et de leurs applications à l'Anthropo-sociologie. Directeur-rédacteur en chef : Dr A. Aubeau; nos 1 et 2, octobre-novembre 1901. 2 fasc. in-8°.

Wissenschaftliche Ergebnisse der Reisen in Madagaskar und Ostafrika in den Jahren 1889-1895, von Dr A Voeltzkow; Bd. II, Heft IV, mit 2 Tafeln und 3 Textfiguren. Francfort-sur-le-Mein, Moritz Diesterweg, 1902. (*Abhandl. d. Senckenb. Ges.*, Bd. XXVI, Heft IV.) 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Alfred Grandidier. Hommage de l'auteur.)

Ueber die Ursache der Wetter-Trübungen als Grundlage einer Wetter-Prognose, von Basil Spariosu. Mostar, Pacher et Kisic, 1902; 1 fasc. in-8°.

Académie royale de Belgique. Bulletin de la Classe des Sciences, 1902, nos 1 et 2. Bruxelles, Hayez; 2 fasc. in-8°.

Annuaire de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique, 68e année, 1902. Bruxelles; Hayez; 1 vol. in-12.

Proceedings of the royal Society of Edinburgh; session 1901-1902, vol. XXIV, n° 1. 1 fasc. in-8°.

Transactions of the American mathematical Society; vol. III, number 1, january 1902. Lancastre, Pa., et New-York; 1 fasc. in-4°.

Bulletin international de l'Académie des Sciences de Cracovie, Classe des Sciences mathématiques et naturelles; n° 1, janvier 1902. Cracovie; 1 fasc. in-8°.

Archives des Sciences biologiques, publiées par l'Institut impérial de Médecine expérimentale à Saint-Pétersbourg; t. IX, n° 1. Saint-Pétersbourg, 1902, 1 fasc. in-4°.

Archives italiennes de Biologie; revues, résumés, reproductions des travaux scientifiques italiens, sous la direction de A. Mosso, t. XXXVII, fasc. 1. Turin, Hermann Loescher, 1902; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

—

(Séance du 14 avril 1902.)

Note de M. *Berthelot*, Recherches sur les forces électromotrices :

Page 800, ligne 1, *au lieu de* 5^g, *lisez* 5^l.

Même page, ligne 2, *au lieu de* $\frac{C^2H^2O^4}{2}$, *lisez* $\frac{C^2H^2O^4}{10}$.

Page 801, ligne 5 en remontant, *au lieu de* oxalates, *lisez* lactates.

Page 804, ligne 8, *après le mot* déterminations, *ajoutez* sur le sel de soude.

Page 805, ligne 4 en remontant, *après le mot* absorber, *ajoutez* dans le voltamètre.

Même page, ligne 8 en remontant, *après le mot* oxygène, *ajoutez* dans un voltamètre.

Page 806, ligne 9 en remontant, *au lieu de* l'électrolyte, *lisez* les électrolytes.

Note de MM. *Dongier* et *Lesage*, Valeurs de la résistance électrique, etc. :

Page 835, ligne 2, *au lieu de* sérum humain adulte 100^{ohms} à 300^{ohms}, *lisez* 100^{ohms} à 103^{ohms}.

Même page, ligne 15, *supprimez le mot* ^{ohms} répété deux fois.

Note de M. *de Forcrand*, Sur la composition des hydrates de gaz :

Page 837, ligne 6, *au lieu de*

$$Q' = 0,002 \log. \frac{P}{760} \cdot \frac{t \times T'}{t - T'},$$

lisez

$$Q' = 0,002 \operatorname{Log.} \frac{P}{760} \cdot \frac{t \times T'}{t - T'}.$$